Aus dem Chirurgisch-Klinischen Institut der Universität München
Vorstand: Professor Dr. G. Magnus

Starkstromverletzungen mit besonderer Berücksichtigung der Gefäßveränderungen

(Veröffentlichung von 20 in der Klinik beobachteten Fällen)

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt

von

Alfons Eiselt

aus Lehndorf/Sa.

München 1939

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Daß die Frage der Unfallverhütung für die Medizin wie auch für die Elektrotechnik sehr wichtig ist, liegt klar zutage, wenn man an die weite Anwendung der Elektrizität als Energiequelle im modernen Leben denkt, ebenso ist bekannt, daß sie wie jede andere Naturkraft ihre Gefahren hat. Die Praxis und die Wissenschaft sind daher von jeher bemüht gewesen, die Arten und Ursachen der Gefahren des elektrischen Stromes durch Vergleichsversuche an Mensch und Tier und Auswertung der sich täglich ereignenden Unglücksfälle eingehend zu klären. Dies nicht allein darum, um für die Gestaltung der elektrischen Geräte und Anlagen die neuesten Erkenntnisse zugrunde zu legen, sondern um so vorzubeugen, daß Mensch und Tier durch den elektrischen Strom zu Schaden kommen können. Ist aber einmal eine Schädigung aufgetreten, ihm mit den gesammelten Erfahrungen helfend zur Seite zu stehen.

Um bei einem elektrischen Unfall die inneren und äußeren Schädigungen einschließlich ihres Heilungsverlaufes beobachten und bewerten zu können, mögen kurz die elektrotechnischen und physikalischen Grundlagen erörtert werden.

Um einen elektrischen Unfall erleiden zu können, muß der Körper in einen Stromkreis geschlossen sein, d. h. also, der Mensch muß entweder direkt zwei stromführende Teile einer elektrischen Anlage berührt haben mit z. B. der rechten und linken Hand oder Hand und Fuß oder nur Hand usw. Es hat demnach „bipolare" oder „unipolare" Berührung mit stromführenden Teilen stattgefunden, wenn man so sagen darf; denn auch bei unipolarem Kontakt ist die Berührung eigentlich bipolar, sonst wäre ihr Stromkreis ja nicht geschlossen, der Strom fließt in diesem Falle durch die Füße zur Erde ab.

Gelangt nun ein Mensch in einen Stromkreis, so wird er von soundsoviel Volt Spannung getroffen. Unter Spannung versteht man den Druck, den die Elektrizitätsteilchen untereinander und auch gegen jedes Hindernis ausüben. Diese Spannung ist also auch vorhanden, wenn kein Strom fließt. Die Spannung wird auch Potentialdifferenz genannt. Die Potentialdifferenz zwischen den verschiedenen Stellen einer Leitung macht den elektrischen Strom. Die Spannungsunterschiede sind bestrebt, sich auszugleichen. Als praktische Einheit für die Potentialdifferenz wurde das Volt (9.81 kgm) zur Messung gewält. Unter einem Volt ist die Arbeit zu verstehen, die geleistet werden muß, um einen Punkt A einer Leitung zum Punkte B zu bringen. Demnach ist Volt also die Einheit für die elektromotorische Kraft (E) eines elektrischen Stromes.

Bei der Fortleitung hat der elektrische Strom in einem Leiter Widerstand zu überwinden, der für die verschiedenen Leiter ganz verschieden groß ist. So kennt man Metalle als gute Leiter, Holz, Mauerwerk als Halbleiter, Gummi, Glas, Porzellan als Nichtleiter oder Isolatoren. Allerdings ist zu sagen, daß es absolute Nichtleiter nicht gibt, selbst destilliertes Wasser leitet. Der Widerstand in einem Leiter wird in Ohm gemessen, und mit einem Ohm ist der Widerstand gemeint, den ein elektrischer Strom in einer Quecksilbersäule von 106 cm Länge und 1 qmm Querschnitt zu überwinden hat.

Je größer der Leitungswiderstand, desto mehr verliert der Strom an Spannung, d. h. es tritt ein um so erheblicherer Spannungsabfall ein. Die Größe des Spannungsabfalles wird wiedergegeben durch das Produkt $J \times W$, also aus der Stromstärke und dem Leitungswiderstand. Dieser Spannungsabfall ist für den Ausgang eines elektrischen Unfalles außerordentlich wichtig, denn je größer der Spannungsabfall ist, desto weniger unheilvoll ist die Wirkung des Stromes. Nur so vermag für einen unerwartet günstigen Ausgang eines Unfalles manchmal die Erklärung gefunden werden.

Jellinek weist besonders in seinen Arbeiten auf die Tatsache hin, daß die Gefährlichkeit eines Stromes nicht von der Spannungsgröße abhängt. Er sah einen Todesfall bei 60 Volt Wechselstrom, während Unfälle bei Berührung mit 50 000 Volt trotz schwerster Verbrennungen überlebt werden können.

Dagegen kommt es in erster Linie auf die einwirkende Stromstärke an (Panse). Das Erschwerende ist aber, daß sich zwar die Spannung nach einem Unfall bei sorgfältiger Untersuchung feststellen läßt, nicht aber die Stromstärke, denn diese ist abhängig vom Widerstand (Ohm'sches Gesetz: Stromstärke $J = \frac{\text{Spannung (E)}}{\text{Widerstand (W)}}$. Je größer also der Widerstand, desto kleiner (bei gleichbleibender Spannung) die Stromstärke. Der Widerstand setzt sich aber im Einzelfall des jeweiligen Unfalles aus einer ganzen Reihe von Komponenten zusammen, die außerhalb des menschlichen Körpers, wie auch in diesem — und besonders in der Haut — liegen können.

In der Elektrotechnik werden zwei Arten von Strom unterschieden: Gleich- und Wechselstrom. Gleichstrom wird in der Hauptsache nur noch in elektrolytischen Anlagen, kleinen Ortsnetzen, in der Galvanisation, im Ofenbetrieb usw. verwendet. München versorgt seine Verbraucher im Stadtteil alle noch mit Gleichstrom, hingegen an der Peripherie wird nur noch Wechselstrom eingebaut. Die Richtung des Gleichstromes in der Leitung ist stets die gleiche, daher der Name. Beim Wechselstrom hingegen wechselt der Strom dauernd seine Phase. Eine besondere Art von Wechselstrom ist der Drehstrom, der einen mehrphasigen Wechselstrom darstellt und daher prinzipiell eben Wechselstrom ist. Die elektrischen Straßenbahnen werden fast ausnahmslos aus technischen Gründen mit Gleichstrom angetrieben. Die Straßenbahn z. B. mit 550 Volt Gleichstrom. Elektrische Fernbahnen müssen jedoch wegen der Größe der Entfernungen mit sehr viel größeren Spannungen arbeiten (10—15 000 Volt) und zwar Wechselstrom von im allgemeinen $16^2/_3$ Perioden in der Sekunde.

Die Frequenz beträgt bei industriellen Wechelströmen durchweg sonst 50 Perioden in der Sekunde. Die Erwähnung der Frequenz ist deswegen nicht ohne Belang, weil ja bekanntlich bei Hochfrequenzströmen — man spricht von Hochfrequenz bei 1000 Perioden und mehr — außer der Wärmewirkung keine wesentliche Schädigung des Körpers mehr eintritt, vor allem nicht bei den hochfrequenten in der Diathermie angewandten Strömen.

Die Wirkungen der elektrischen Ströme sind in der Physiologie sehr eingehend studiert worden und erlauben Reizversuche vom Protoplasma der Urtiere an bis zu dem Gewebe der Metacoen. Längere Einwirkung der Ströme führten zu Schädigungen und zum Untergang des

Protoplasmas der Protocoen, die körnig molekular zerfallen. Bezüglich des Bakterienwachstums ist festgestellt, daß es zum mindesten dadurch geschädigt wird, daß elektrolytische Produkte, nämlich die Bildung von Cl und HCl an der Anode, von Alkalien an der Kathode, hemmend wirken. Durch Elektrolyse kann auch menschliches Gewebe an der Körperoberfläche zerstört werden, indem eine Nekrose unmittelbar im Bereich und fettige Umwandlung im Umfang dieser Bezirke zustande kommen (Aschoff). Somit hätte man bei der Elektrolyse auch mit einer chemischen Komponente zu rechnen.

Zu den Schwachstromanlagen werden Telefon, Signal- und Klingelanlagen gerechnet, die im allgemeinen mit geringerer Spannung betrieben werden und deren Energiequellen aus Elementen geringerer Leistung gespeist werden und die selbst bei Beschädigung von Leitungen und Apparaten weder Gesundheitsschädigungen durch Berührung, noch Brände durch Stromwärme infolge von Isolationsfehlern hervorrufen können.

Die Starkstromanlagen werden in Niederspannungs- und Hochspannungsanlagen unterschieden. Zu den ersteren rechnen alle Anlagen, die nicht mehr als 250 Volt bei Stromschluß aufweisen. Die Installationsanlagen in den Wohnräumen gehören zur Niederspannung, Anlagen mit höheren Spannungen, also über 250 Volt gegen Erde, sind Hochspannungsanlagen. Es werden noch gesondert unterteilt Anlagen mit Betriebsspannungen von 100000 Volt und darüber, die als Höchstspannungsanlagen bezeichnet werden.

Die gesammelten Erfahrungen haben ergeben, daß bei elektrischen Unfällen die Lebensgefahr nicht von der Spannung, die zwischen den berührten Teilen herrscht, abhängig ist, sondern von der Stromstärke, die durch den Körper fließt, ferner von der Stromrichtung im Körper und von der Dauer der Stromeinwirkung. Aber auch der Widerstand des menschlichen Körpers beeinflußt im besonderen die Gefahr des elektrischen Insultes. Er setzt sich aus drei hintereinander geschalteten Widerständen, und zwar dem Hautwiderstand an der einen Berührungsstelle, dem inneren Körperwiderstand und dem Hautwiderstand an der zweiten Berührungsstelle zusammen.

Die Untersuchungen von Freiberger über Hautwiderstände haben ergeben, daß sich die Werte bei Änderung der Haut selbst ändern. So konnte er an schwieliger oder zarter, trockener oder feuchter Haut, bei Temperaturunterschieden verschiedene Widerstände messen. Auch die Größe der Elektroden und damit die Berührungsfläche änderte den Widerstand. Allerdings bleibt der Hautwiderstand bald auf einer Norm liegen, sobald die Haut durchbrochen ist, oder er kann zum Isolator werden, wenn die Haut bei schwerster Verbrennung verkohlt oder vergast. Der Körperinnenwiderstand ist im allgemeinen konstant, wenn er auch innerhalb des Körpers sehr variiert. So besteht bei Stromfluß der größte Widerstand vor allem in den kleinen Gelenken (Hand- und Fußwurzelgelenk, Ellenbogen, Kniegelenk, Schulter- und Hüftgelenk), was auch manchmal von den Verletzten als Wärmegefühl bezeichnet wird (Alvensleben). Einen einheitlichen Widerstand anzugeben für den menschlichen Körper ist nicht möglich. Man findet eben Werte von 250 bis 80000 Ohm. Berücksichtigt man also, daß die elektrischen Widerstände des menschlichen Körpers so verschieden sein können, so muß man erkennen, daß auch die bei Berühren spannungsführender Leitungen durch den Körper

fließenden Stromstärken bei gleicher Spannung ganz verschieden groß sein können. Man hat versuchsweise Stromstärken von 0.9 mA angelegt und sie gerade noch empfunden, dagegen bei 13—15 mA waren die Schmerzen kaum noch erträglich und ein Loslassen nur mit größter Anstrengung, und über 15 mA überhaupt nicht mehr möglich.

Nun erhebt sich die Frage, welche Stromstärke für den Menschen lebensgefährlich werden kann. Eine feststehende Zahl läßt sich nicht angeben, aber es sind Fälle beobachtet worden, die schon bei einer Stromstärke unter 1 A tötlich waren, in der entgegengesetzten Richtung bis 150—220 mA. In Sonderfällen bis zu 30 A, aber mit ganz kurzzeitigen Einwirkungen (Alvensleben).

Die untere Grenze, die tötlich wirken kann, muß also bei Wechelstrom oberhalb von 20 mA und unterhalb von 150 mA liegen. Hierbei ist gleichgültig, ob die Teile, die berührt werden, Hochspannung oder Niederspannung führen, denn auch bei Berührung von Hochspannungsanlagen können alle äußeren Zeichen einer elektrischen Einwirkung fehlen.

Die Erscheinungen bei Gleichstromverletzungen sind im wesentlichen die gleichen wie bei Wechselstrom, nur daß die Stomstärke bei Gleichstrom eine größere sein muß, um die gleichen Erscheinungen zu zeitigen. Man rechnet im allgemeinen um das Vierfache wie bei Wechselstrom.

Im Volke herrscht immer die Auffassung, daß Niederspannung ungefährlich, Hochspannung gefährlich sei. Dies trifft nicht zu, denn Niederspannung kann unter ungünstigen Umständen genau so gut lebensgefährlich sein. Man denke da besonders an die schwieligen Hände, den Grad der Durchfeuchtung, ob der Betreffende gegen Erde gut isoliert ist usw. Ja, es wird behauptet, daß bei Hochspannungsunfällen weniger Todesfälle beobachtet werden. Berührt in einem solchen Falle der Mensch eine Leitung, so entsteht an der Kontaktstelle oder Eintritts- und Austrittsstelle eine so große Wärme (Joule'sche Wärme), daß z. B. eine Hand sofort verkohlt und damit als Isolator in den Stromkreis dazwischen geschaltet wird. Weiterhin ist es wichtig, ob das Herz in der Strombahn liegt (Pietrusky). Schridde fand bei $^9/_{10}$ der von ihm obduzierten elektrisch Verunglückten den Eintritt des Stromes an der linken Hand.

So kann man etwa bei 100 Volt Wechselstrom als diejenige untere Spannungsgrenze annehmen, bei der unter normalen Gebrauchs- und Arbeitsbedingungen und unter gewissen Bedingungen (feuchte Räume, großflächige Berührung) noch mit der Einwirkung lebensgefährlicher Stromstärken bei Berührung spannungsführender Teile gerechnet werden kann.

Bisher wurde gesagt, daß die Stromstärke über 100 Volt tötlich wirken kann. Man sollte nun glauben, daß mit steigender Stromstärke die Gefährlichkeit des Stromes wächst. Die Erfahrung aus elektrischen Unfällen lehrt aber das Gegenteil — wie schon erwähnt. Höhere Stromstärken haben oft Verbrennungen schwerster Art zur Folge, ohne daß eine tötliche Wirkung eintritt, außer wenn die Stromeinwirkung über Minuten währt oder die Verbrennungen so schwer sind, daß sie für sich allein den Tod verursachen (Alvensleben, Jellinek, Panse).

Die genaue Bestimmung der unteren Grenze dieser höheren Stromstärke, die also andere physiologische Wirkungen ausüben muß als

geringere, ist nicht möglich; sie liegt aber nach den Erfahrungen aus den Unfällen etwa bei 4 A. Die Funktionsstörungen müssen demnach bei höheren und geringeren Stromstärken verschieden sein (Alvensleben).

Vergleicht man die Wirkungen von Stromstärken, die nur geringere Verbrennungen verursachen und etwa in der Größenordnung von 4A liegen, mit den Wirkungen hoher Stromstärken, deren Verbrennungen schwerste tiefgehende Verkohlungen sind, so kann man eine unterschiedliche Wirkung auf den Blutkreislauf, das Herz und die Atmungstätigkeit nicht mehr erkennen. Es hat den Anschein, als ob das Maximum des Reizes etwa bei 4 A erreicht ist und höhere Stromstärken nur noch eine entsprechende höhere Wärme im Körper erzeugen, die sich auch aus der Art und Schwere der Verbrennung erkennen läßt (Alvensleben, Schridde, Jellinek).

Somit wäre die Starkstromverletzung als Wärmeeinwirkung des elektrischen Stromes zu besprechen. Die vom Strom erzeugte Wärme wird nach der Formel $J^2 \cdot W \cdot t$ berechnet. Nicht die gesamte Stromwärme dringt in den Körper ein, denn da der elektrische Widerstand an der Übergangsstelle zum Körper am größten ist, wird die Wärmeentwicklung an dieser Stelle die größte sein. Es werden damit so hohe Wärmegrade erzeugt, daß das Gewebe verbrennt. Die Wärmeabgabe der verbrennenden Teile an dem Körper ist nicht größer als bei Verbrennungen aus anderen Ursachen. Bei seinem Verlaufe durch den ganzen Körper erzeugt der Strom auf dem Wege Wärme, und zwar je nach Größe des elektrischen Widerstandes. Die Erwärmung wächst im Quadrat der Stromstärke. Die Stromstärke bleibt bei Hintereinanderschaltung verschiedener Widerstände die gleiche, der Strom verliert aber auf seinem Wege im Verhältnis zu den Widerständen an Spannung, somit also außer an den Berührungsstellen einen großen Teil in den Gelenken. Der Spannungsverlust am Ellenbogengelenk und Schultergelenk ist bei Einwirkung hoher Stromstärken so hoch, daß zwischen Unterarm und Oberkörper eine erhebliche Spannung herrschen kann. So werden in einigen Fällen Brandwunden am Unterarm und entsprechende am Oberkörper beschrieben (Jellinek), aus denen hervorgeht, daß ein Teilstrom vom Unterarm zum Oberarm unmittelbar übergegangen sein muß. Jellinek macht besonders darauf aufmerksam, daß die Gewebszerstörung manchmal eine viel ausgedehntere sein kann, als anfänglich aus den sichtbaren Verletzungen vermutet werden kann. Darin unterscheiden sich die elektrischen Brandwunden von Verbrennungen thermischer Ursache.

Ist zum Beispiel die Berührungsfläche an der einen Stelle klein und an der anderen groß und würden die dazwischen liegenden Körperteile gleichen spezifischen Widerstand haben, so würde dieser in der Nähe der kleineren Berührungsfläche sehr groß sein, nach der größeren zu abnehmen, desgleichen die Erwärmung im Stromverlauf.

Ist die Stromstärke an sich groß genug, um schädliche Wirkungen anszuüben, so werden sich diese besonders in nächster Umgebung der kleineren berührenden Körperfläche bemerkbar machen. Die Temperatur nimmt also von außen nach innen zu ab. Hatte sie außen noch Glühtemperatur, so geht sie über Siede- und Koagulationstemperatur zur unschädlichen über. Bei Kurzschlußlichtbogen fehlen derartige Temperaturen. Daraus lassen sich auch die Spätnekrosen und Nachblutungen erklären.

Die Verletzungen, die der Mensch durch die elektrische Energie erleiden kann, zeigen an der Oberfläche und im Innern die verschiedensten Erscheinungen.

Schädigungen, die der Strom als solcher bei seinem Eintritt und seinem Durchtritt durch den Körper bewirkt.

Veränderungen infolge der durch den Strom entstandenen Wärmewirkung.

Verbrennungen, die der elektrische Lichtbogen, der Wärmegrade von 2000—3000° aufweist, verursacht.

Zunächst sollen die Veränderungen an der Haut besprochen werden, die für den Strom die Eintrittsstelle darstellt. Jellinek unterscheidet die an der Haut beobachteten Elekrizitätsspuren in:

1. die elektrischen Strommarken
2. die elektrischen Figuren (Blitzfiguren)
3. die elektrotraumatischen Verletzungen
4. die elektrolytischen Veränderungen
5. die elektrische Metallisation
6. die elektrischen Verbrennungen
7. Mischformen.

Die elektrische Strommarke ist eine flache punkt-, streifenförmige, eliptische, weiße oder graugelbliche Hauterhebung, in der Mitte meist etwas eingedellt, mit grauschwärzlicher Umrandung. Sie zeigt manchmal auch nabelförmiges Aussehen. Die nähere Umrandung ist meist blaß oder leicht gerötet (Jellinek) und diese Hautveränderungen schmerz- und empfindungslos (Knjazew). Straßmann hebt besonders hervor, dass die Veränderungen am positiven Pol schwerer sind als am negativen. So sei am positiven Pol mikroskopisch blasige Abhebungen der Haut innerhalb der Keimschicht, Zell- und Kernveränderungen, Schmelzung der Lederhaut, dagegen nur Zelldurchsiebung am negativen Pol.

Aschoff sah die Kernschicht an der Delle verschmälert, das Epithel homogenisiert, zusammengesintert. Ferner zeigte sich Fächerbildung und an den Retizellen Anordnung in paralleler Büschelstellung. Schridde sah im histologischen Bild das Plattenepithel der Haut in der Mitte der Veränderung vollkommen zerstört. Die Kraterränder waren unregelmäßig, strukturlos, von tiefschwarzer und bräunlicher Masse, wie Bröckel auf der Unterlage liegend. Es handelt sich um verkohltes Epithel. Darunter zeigt sich eine gleichmäßig breite Zone des Epithels, vollkommen strukturlos von gelblich bis brauner Farbe. Darunter befindet sich eine geschmolzene homogene, meist heller erscheinende Hornschicht des Plattenepithels mit dicht stehenden, kleineren, scharf begrenzten Hohlräumen (Kawamura). Das Epithel ist geradezu in ein Wabenwerk verwandelt. In anderen Fällen sah er bei größeren Veränderungen die Wabenstruktur, die er Hitzewaben nennt, durch sämtliche Schichten des Epithels hindurchgehend, sodaß das Plattenepithel von der Lederhaut mehr oder minder abgehoben erschien.

Die kernhaltigen Schichten des Epithels weisen eine sehr dichte Lagerung der Kerne auf, sie sind offenbar zusammengeschnurrt, in Büschelform angeordnet.

Der Unterschied, der nach Jellinek und Kawamura zwischen Verbrennungen gewöhnlicher Art und elektrischen Strommarken besteht, wird von diesen Autoren folgendermaßen erklärt: Die Wärme der einfachen

Verbrennung nimmt von außen her einwirkend allmählich gegen die Tiefe hin an Stärke ab, dem Wärmeleitungsgesetz entsprechend. Anders ist es mit den elektrischen Strommarken. Hier entsteht wohl gleichfalls Wärme, sie entwickelt sich aber erst im Gewebe sowie dessen einzelnen Elementen, und zwar dadurch, dass der elektrische Strom den Gewebswiderstand und vor allem den Eintrittswiderstand an der Hautoberfläche überwinden muß. Dadurch wird nach dem Joule'schen Gesetz Wärme in dem Stromleiter gebildet. Diese Wärme setzt sich nun in ganz anderer Verteilung als die von außen einwirkende einfache Verbrennungswärme in den einzelnen Gewebsschichten ihre Veränderungen bis zur Nekrose durch koagulierende Abtötung. Daher finden sich als Eigentümlichkeiten der Strommarken die Haare vollkommen intakt. Außer der Joule'schen Wärme sollen aber noch reine elektrische Kräfte, mechanische Einwirkungen und elektrolytische Zerstörung der Eiweißmassen mit Gasentwicklung (für die Hohlräume) auf die Veränderung innerhalb der Strommarken wirken. Schridde glaubt die Veränderungen hauptsächlich auf Hitzewirkung zurückführen zu können.

Die Blitzfiguren wie auch die folgenden Hautveränderungen treten an Häufigkeit gegenüber den Strommarken zurück. Die elektrischen Figuren sind durch rote, baumartig verzweigte feine Linien in der Haut gekennzeichnet, die durch Lähmung der Hautgefäße entstehen. Nach wenigen Tagen sind sie meist spurlos verschwunden, was die Lähmung erklären würde. Manchmal hinterlassen sie Pigmentierung der Haut (Jellinek). Sie können mitunter auch schmerzhaft sein (Aschoff). Sie gelten besonders als Zeichen für Elektrisierung durch atmosphärische Elektrizität (Blitzschlag), wurden aber auch bei technischen Hochspannungsentladungen angetroffen (Jellinek, Schrader).

Die elektrotraumatischen Verletzungen als Veränderungen der Körperoberfläche erwecken häufig zunächst den Eindruck einer grobmechanischen Einwirkung. Es handelt sich um lineare Durchtrennung der Haut und des Unterhautgewebes, die wie Schnitt- oder Stichverletzungen aussehen. Auch röhrenförmige Hautdefekte oder Schußkanäle, die senkrecht in die Tiefe reichen, bisweilen in den tieferen Schichten scharf abbiegen (Jellinek, Schrader und die Leichenversuche von Freiberger).

Durch Elektrolyse kann menschliches Gewebe an der Körperoberfläche zerstört werden, in dem Nekrosen unmittelbar im Bereich der Einwirkungsstelle und fettige Umwandlung im Umfang dieser Bezirke zustande kommen (Aschoff). Jellinek sah graublaue Niederschläge unter der Einwirkung von Drehstrom, die sich bei chemischer Untersuchung als fettsaures Kupfer erwiesen. Ferner beobachtete er bei einer Berührung mit gleichstromführenden Bleirohren graubraune passenartige Auflagerungen, die leicht ablösbar waren und chemisch Bleireaktion gab. Ähnliches beobachtete auch Freiberger bei seinen Versuchen an Leichen und Panse.

Im Gegegensatz zu den vorgenannten elektrolytischen Hautverfärbungen, die Zeichen von Stromeinwirkung durch unmittelbare Berührung sind, entsteht die elektrische Metallisation auf mittelbarem Wege dadurch, daß das im elektrischen Lichtstrom geschmolzene und gasförmig zerstäubte Metall sich auf der Hautoberfläche niederschlägt (Jellinek). Schridde konnte hierbei mikroskopisch dieselben Erscheinungen feststellen, wie bei elektrischen Verbrennungen. Er fand das oberflächliche

Epithel verkohlt mit Metalleinlagerung und darunter die gleichen Hitzewaben im geschmolzenen Epithel. Es sind Veränderungen durch hohe Wärme.

Die elektrischen Verbrennungen entstehen durch den elektrischen Funken oder Lichtbogen und sind in Form und Aussehen von gewöhnlichen Brandwunden kaum zu unterscheiden. Es treten dann dieselben Bilder auf, wie bei Verbrennungen 1. bis 3. Grades. Wenn es allerdings zu umschriebenen Knochenveränderungen kommt, kann die elektrische Natur der Verletzung aus einer Calcinierung (durch die hohe Lichtbogentemperatur von 2000—3000 °) oder den Befund von kleinen, weißen Knochenperlen geschlossen werden, die aus herausgeschmolzenem phosphorsaurem Kalk bestehen (Jellinek, Schrader, Schridde).

Unter die Mischformen sind alle jene Oberhautveränderungen zu rechnen, die einerseits als Strommarken in Erscheinung treten, anderseits aber schon größere Verletzungen zeigen oder auch nur reine Verbrennungen. Dies wäre dann besonders der Fall, wenn bei einem anfänglich guten, innigen Kontakt beim Loslassen ein Funkenübersprung entstehen würde. Es braucht aber nicht unbedingt ein Loslösen oder Abreißen erfolgen, denn — wie Freiberger bereits an den Leichenversuchen zeigen konnte — genügt ein bloßes Lockern der Elektroden, um reine Verbrennungen hervorzurufen. Wie weit nun bei Veränderungen auf der Haut die im Gewebe entstehende Joule'sche Wärme und wie weit von außen eindringende Hitze verantwortlich zu machen ist, wird wohl zu entscheiden sehr schwer, wenn nicht unmöglich sein.

Die elektrischen Verbrennungen können mitunter so schwerer Natur sein, daß die Muskeln, ja selbst die Knochen vollkommen verkohlen oder vergasen. So können ganze Extremitäten zum Wegfall kommen. Auch sind in den Knochen die verschiedenartigsten Risse und Sprünge festzustellen, die nach Schridde hauptsächlich auf die Wärme zurückzuführen sind.

Außer diesen mehr oder weniger großen Verkohlungen der Muskulatur sind in einigen Fällen Befunde beschrieben worden, die zu den eigentlichen Differentialzeichen elektrischer Einwirkung zu rechnen sind.

Den ersten Fall hat M. B. Schmidt 1910 veröffentlicht. Ein Schlosser war im Transformatorhaus mit der Leitung in Berührung gekommen, die einen Strom von 25000 Volt Spannung führte. Er wurde gleich mit brennenden Kleidern am Boden liegend aufgefunden und starb 5 Stunden nach dem Unfall. An allen Muskeln, die Schmidt untersuchte, vom Arm bis zum Großzehenballen, fand er, wenn auch in wechselnder Stärke, eine Verschiebung der kontraktilen Substanz der quergestreiften Muskulatur zu groben hyalinen Querbändern.

Bei schwacher Vergrößerung zeigten die einzelnen Muskelfasern statt der feinen Querstreifung in kurzen Abständen grobe Querbänder von glänzender, hyaliner Beschaffenheit. Es machte zunächst den Eindruck, als ob der ganze Sarkolemminhalt in einzelne voneinander getrennte Scheiben aufgelöst war. Tatsächlich aber waren die Kontinuität der Fibrillen erhalten. Sie treten in die Querbänder ein und wieder aus, und manche der Bänder lassen sich in längsgestellte Stäbchen auflösen, deren jedes einer Anschwellung der Fibrillen entspricht. Hier sind die Spalten verengt, während außerhalb der Scheibe die Fibrillen abnorm

weit auseinander stehen und dadurch die Längsstreifung ungewöhnlich deutlich ist. Offenbar liegt dem ein Auspressen des Sarkoplasmas aus den veränderten Stellen in die Umgebung zugrunde. Es ist nicht zweifelhaft, daß die Querbänder aus zusammengedrängten anisotropen Linien bestehen. Zwar erscheint der größte Teil von ihnen ganz homogen, manche zeigen eine äußerst feine und enge Querstreifung, und an vielen lösen sich vom Rande anisotrope Streifen ab. Zudem weist ein Teil von ihnen Doppelbrechung auf, und färberisch verhalten sie sich wie die anisotropen Linien. Die zusammengedrängten anisotropen Linien gelten als Zeichen stärkster Zusammenziehung, die klinisch bereits als muskulärer Tetanus auffallen und bis zum Tode anhalten.

Form, Breite und Abstände der Querstreifen bieten großen Wechsel dar. Manche nehmen nicht die ganze Breite der Faser ein, andere lösen sich auf einer Seite wurzelartig in Strahlen auf, manche entsprechen an Dicke etwa 5—10 aufeinander gereihten anisotropen Linien, andere etwa 50 und mehr. Meist ist die Faser an der Stelle jeder Scheibe etwas angeschwollen und dadurch im ganzen bambusartig gestaltet. Auffallend ist eine Beziehung der Querstreifen zu den Muskelkernen derart, daß viele von ihnen gerade auf einen Sarkollemkern stoßen. Dieses Verhältnis beruht wohl darauf, daß das Sarkoplasma um die Kerne herum entweichen kann. In den Strecken zwischen den hyalinen Bändern liegen die Querlinien bisweilen in normalen Abständen, bisweilen aber so weit auseinandergezogen, wie es in der Norm bei extremer Erschlaffung nicht vorkommt.

Genau dieselben Beobachtungen machte Schridde an einem von ihm obduzierten Fall. Jellinek, Wegelin konnten ähnliches beobachten, ersterer selbst an der Muskulatur des Herzens. Mészáros sah bei mikroskopischen Muskelpräparaten, daß die Muskelfasern nebeneinanderstehende schraubengangähnliche Spiralen bilden. Über das Wesen und die Bedeutung weiß er nichts anzugeben. Schrader teilt selbst eigene und von Balkhausen und Grueter mit.

Über Veränderungen an Knochen bei elektrischer Verbrennung war schon kurz geschrieben worden. Schridde, Jellinek, Panse berichten über Ausschmelzungen von phosphorsaurem Kalk aus Knochen bei sehr hohen Wärmeentwicklungen. Es treten dann grauweißliche, manchmal klare Perlen an der Knochenoberfläche oder den defekten Knochenrändern auf. Mészáros berichtet über ganz auffallende Veränderungen am Knochensystem. Ähnlich den Fasern im Innern der vom Blitz getroffenen Bäume, welche von in Zickzacklinien durchgehenden Sprüngen und Rissen durchsetzt sind, finden sich auch im Knochen Risse (Schisis). Diese Risse und Sprünge können von der Stelle des Eindringens des Stromes ganz unabhängig sein, ihre Form und Ausdehnung kann mit dem lokalen statischen oder Muskelmechanismus keineswegs in Zusammenhang gebracht werden. Panse schreibt von einer vollkommenen Zertrümmerung des cranialen Humerusschaftes nach elektrischer Stromeinwirkung. Auch Poenaru und Caplescu halten eine solche Frakturierung des Knochens durch Elekrizität für möglich. Jellinek sagt, daß allerdings die Fraktur meist so fein ist, daß sie roentgenologisch im Anfang nicht nachweisbar ist. Schridde lehnt eine solche Frakturierung als spezifische Wirkung des elektrischen Stromes ab, führt die gefundenen Sprünge auf Hitzewirkung zurück und nennt sie daher auch „Hitzesprünge". Martin zeigt an einem Fall, wie bei einem Manne nach einer Verbrennung an

einer 220-Volt-Spannung 96 Stunden nach der Verletzung der Oberarmkopf im anatomischen Hals abgeschlagen und der Humeruskopf auffallend kalkarm war. Für diese auffallende Verletzung der Meta- und Epiphysen in dem Falle gibt er die Erklärung, daß die Diaphyse des Knochens den Strom gut leitet, daß ihm aber in der Meta- und Epiphyse ein gewisser plötzlicher Widerstand entgegengesetzt wird, der zu einer molekularen Änderung der Knochensubstanz und einer Auflockerung des Knochengefüges führe. Durch das Hinzutreten der plötzlichen durch den Strom ausgelösten Muskelkontraktion könnte es dann zur Abtrennung ganzer Knochenteile oder zur feineren Zertrümmerung des Knochens kommen.

Nicht selten kommt es bei elektrischen Unfällen zu schweren Verletzungen am Auge oder Ohr. Außer den eigentlichen Verbrennungen sind mehrfach am Auge nachträglich Linsentrübungen (Jellinek, Mészáros) und Cornealleukom (Jakobson) beobachtet worden. Klestadt berichtet über 11 in der Literatur beschriebene Fälle von Fernschädigungen am Ohr, und zwar Oktavusschädigungen. Er glaubt aus den Berichten entnehmen zu können, daß es Oktavusschädigungen durch elektrischen Strom gibt, die nach einer Latenzzeit auftreten, die eventuell bis zu zwei Jahren dauern kann. Es brauchen anfänglich gar keine Beschwerden vorhanden zu sein, manchmal wird über ein Taubheitsgefühl oder Ohrensausen geklagt.

Beim Einschalten des Körpers in einen Stromkreis nimmt Huber an, daß die Hauptmasse des Stromes den physikalischen Gesetzen entsprechend in erster Linie der Bahn des geringsten Widerstandes folgt. Diese Tatsache macht es schon nach theoretischen Überlegungen wahrscheinlich, daß somit die Hauptmasse der Blutbahn folgen wird, da ja hier der Widerstand der Zellmembran wegfällt. Dementsprechend finden wir auch bei anderen Autoren diese Tatsache als feststehend (Jaeger, Jellinek, Koeppen).

Der Starkstrom führt in seltenen Fällen zu anatomischen Veränderungen (Blutungen, Zerreißungen, örtliche Nekrosebildung) in der Herzwand. Ähnliche Fälle beschreiben Jellinek, Mészáros, Kawamura (Fragmentatio myocardii). Viel häufiger kommt es zu vorübergehenden oder bleibenden Störungen der Herzfunktion.

Das vasomotorische Verhalten des Körpers erleidet durch den Stromінsult weitgehende und oft lang anhaltende Störungen. Es ist wahrscheinlich, dass sich diese bis zum peripheren Gefäßkollaps steigern können. Lokale Gefäßveränderung ist eine charakteristische vorübergehende Folgewirkung des Starkstromes, wenn die Stromstärke nicht zu hoch ist. Länger anhaltende Gefäßkontraktionen sind in der Nähe der Stromeintritts- und -austrittsstelle nicht selten. Sie sind konstant in den oberflächlichen, dem späteren Zerfall geweihten Schichten der elektrischen Strommarken.

Die umschriebene Gefäßerweiterung ist eine regelmäßige Erscheinung in den tieferen Schichten der Strommarken. Sie ist außerdem die Ursache der sogenannten Blitzfiguren und die Vorbedingung für das Auftreten der Diapedesisblutungen.

Eine Vitalbeobachtung am Kaninchenohr von Schrader sei hier wiedergegeben, da sie viele Gefäßerscheinungen zeigt. Im Zentrum der Strommarken war die Zirkulation völlig aufgehoben und die Gefäßrohre

in homogene strömungslose Gebilde verwandelt. Allem Anschein nach war hier eine Eiweißgerinnung von Gefäßwand und -inhalt unter der Stromeinwirkung erfolgt. Weiter nach aussen folgten dann in der Hauptsache Zirkulationsunregelmäßigkeiten, eigenartige Gefäßwandauftreibungen und Veränderungen im Verlauf kleinerer und größerer Gefäßabschnitte. Wenn auch normalerweise schon gewisse Ruhepausen in der Durchströmung der Hautgefäße vorkommen und eine mäßige „körnige Strömung" zu normalen Befunden zu rechnen ist, so waren die beobachteten Zirkulationsstörungen doch so erheblichen Grades, dass sie nicht mehr unter den Begriff des Normalen eingereiht werden können. Daß es sich hierbei um die Auswirkung von weitreichenden Gefäßschädigungen durch den elektrischen Strom handelt, soll vor allem aus den begleitenden zahlreichen Blutungen hervorgehen, die zum Teil während der Beobachtung an solchen Gefäßen, und zwar weit über den eigentlichen Bezirk der Strommarken hinaus auftraten und als Ausdruck von Gefäßwandläsionen betrachtet werden müssen. Auch die unter Blutungen auftretende Spätnekrose bei dem Versuchstier sprach für diese Annahme.

Die Gefäßwände können durch den Starkstrom weitgehende Veränderungen erleiden, die in der Regel am stärksten in der Media ausgebildet sind. Es ist experimentell gelungen, am Mesenterialgefäß vom Kaninchen Veränderungen hervorzurufen, die dem histologischen Bild der Strommarken vollkommen analog sind. Dabei traten eigenartige, bisher nicht beschriebene Veränderungen der Kerne in der Media auf, die eine spiralige Drehung zeigen.

Die Durchlässigkeit der Gefäße erleidet nicht selten Veränderungen. Diese können zur Oedembildung und zu Blutungen Veranlassung geben. Die Blutungen gehören zu den regelmäßigsten Erscheinungen nach Starkstromeinwirkung. Sie sind einzuteilen als solche, die als lokale Folge des Stromdurchtrittes durch Gewebe aufzufassen sind, und solche, die indirekt als Folge der Druckschwankungen entstehen. Die Spätblutungen, die bei der Abstoßung elektrischer Nekrosen beobachtet werden, haben ihre Ursache einerseits in einer besonderen Zerreißlichkeit der durch den Strom geschädigten Gefäßwand, anderseits in einem Ausbleiben von Gefäßthrombosierungen in der Umgebung der elektrischen Verletzungen.

Verletzungen des Blutes sind in einzelnen Fällen beschrieben worden, scheinen aber nicht konstant zu sein.

Gefäßthrombosen sind vereinzelt klinisch beobachtet worden und experimentell erzeugt worden. Im allgemeinen sprechen jedoch die Erfahrungen der Klinik, die Ergebnisse pathologisch-anatomischer Untersuchungen und zum Teil auch die von Tierexperimenten dafür, daß die Stromeinwirkung nicht eine erhöhte, sondern eher eine verringerte Neigung zur Gerinnselbildung zur Folge hat.

Die bei der elektrischen Nekrose gefundenen Arterienthrombosen (Jellinek) sind nicht als Ursache, sondern als Begleiterscheinung der allgemeinen Gewebsnekrose anzunehmen.

Syrenskij und Solomin sprechen bei der Auswertung ihrer Fälle, daß es infolge der Stromeinwirkung auf die Blutgefäße einerseits zu Thrombosen mit Emboliegefahr, anderseits zu Spätblutungen kommen kann, die operative Blutstillung benötigen, wobei zu bemerken ist, daß die Ligatur infolge der Sprödigkeit und Brüchigkeit der Gefäßwandung leicht durchschneidet und es dabei zu erneuten, oft fatalen Blutungen

kommen kann. Kaplan sieht die sich als Komplikation einstellende Nekrobiosen von Gefäßwänden mit nachfolgender Obturation der Gefäßlichtung. Jakobson mußte wegen Spätblutungen durch Arosion der radialis Arterie zwei Wochen nach dem Unfall letztere unterbinden. Milizyn und Sudakovič mußten bei einem Fall die radialis Arterie wegen Spätblutungen zweimal unterbinden. Sirolli weist auf besondere Veränderungen der Gefäße hin, die in den Arterien Stückelung der Intima, zuweilen auch eine partielle oder totale Strukturveränderung der Arterien und diffuse Thrombosen nachweisen, während in den Venen die Veränderungen gering sind. Dieselben Beobachtungen konnten von Knjazew gemacht werden. Noskresenkij schreibt über einen Fall, in dem der Arm wegen wiederholter unstillbarer Blutung aus dem absterbenden Gewebe im Vorderarm abgesetzt werden mußte. Über die gleichen Komplikationen bei Verbrennungen berichtet Jellinek, die er in seinem reichen Material gesehen hat, und warnt daher, besonders aktiv in der Wundversorgung vorzugehen. Kaplan empfiehlt sogar, stets einen Schlauch am Bett dieser Verletzten bereit zu halten, um im gegebenen Fall Esmarch'sche Blutleere anlegen zu können.

An einem in der Münchner Chirurgischen Klinik beobachteten Fall konnte ich an einem amputierten Bein die Blutgefäße histologisch untersuchen. Es waren allerdings an den meisten Gefäßen tiefgehende Nekrosen, wie auch frische und bereits weitgehend organisierte Thrombosen festzustellen, aber man kann wohl kaum diese Veränderungen als spezifische auffassen, da sie infolge der Allgemein-Nekrose des verletzten Beines entstanden und somit wohl sekundärer Natur sind.

Aber nicht nur die Schädigungen an den immerhin doch größeren Gefäßen sind bemerkenswert, sondern auch die kleinen und kleinsten Blutungen am Gehirn, Rückenmark usw. So schreibt Jellinek eine ganze Reihe von beobachteten ähnlichen Fällen. Poenaru und Caplescu erwähnen Blutungen in den Meningen, punktförmige Blutungen im 4. Ventrikel. Auch konnten oft Hirnödem und Ödeme an anderen Stellen gesehen werden. Pietrusky glaubt diese Erscheinungen mit der Störung der Gefäßinnervation zu erklären. Jellinek fordert daher bei bestehender Bewußtlosigkeit, die er meist auf Gehirnödem zurückführt, wenn nicht Komplikationen durch Sturz von Masten usw. eine Bewußtlosigkeit bedingen können, immer die Lumbalpunktion auszuführen, um das Gehirn zu entlasten.

Bei den elektrisch Stromtoten fand Schridde von 36 Obduktionsfällen 21 mal Lungenödem, das auch Jellinek bei einer ganzen Reihe seiner Fälle feststellen konnte.

Pietrusky, Zadek, Lichtenstein beschreiben einige Fälle, in denen sie Lungenblutungen feststellen konnten, und zwar meinen sie, daß diese Lungenblutungen durch Alveolarrisse zustande kommen, die infolge einer intrapulmonalen Drucksteigerung durch tetanische Muskelkontraktionen entstehen. Schridde fand allerdings Lungenblutungen, die bei übertriebenen Wiederbelebungsversuchen entstanden sein sollen, selbst Rippenbrüche.

Die Zeichen der Nierenschädigung kommen in Form von Albuminurie, Haematurie und Zylinderurie zur Beobachtung. Jaeger berichtet einen Fall, wo bei einem jungen Maler mit Stromdurchtritt von 8000 Volt von Kopf zu beiden Schulterblattgegenden bereits im ersten eine Stunde nach

dem Unfall gelassenen Urin Eiweiß und massenhaft granulierte Zylinder auftraten. Die Nieren lagen sicher im Stromkreis. Die pathologischen Harnbestandteile waren am anderen Morgen bereits verschwunden und traten nicht wieder auf. In anderen Fällen sah er eine sofort eintretende Haemoglobinurie oder Ikterus. Er meint, wie auch Schridde, daß diese Schädigungen an inneren Organen wohl vorwiegend als Toxinwirkung aufzufassen sind, wie sie auch bei gewöhnlichen thermischen Verbrennungen beobachtet werden können. Es sollen Produkte des starken Eiweißzerfalls im Körper sein.

Wenn übermäßig starker elektrischer Strom in den Körper eintritt, so kommt es oft zur Bewußtlosigkeit, die in der Regel von kürzerer Dauer ist, wenn nicht unterdessen der Tod eintritt. Aber auch Bewußtlosigkeiten schwereren Grades, die Stunden, ja selbst Tage anhielten, konnten festgestellt werden (Jellinek, Panse). Nach dem Erwachen sah man Benommenheit, Unbesinnlichkeit und Schwächegefühl. Die Erinnerung an den Unfall ist vielfach erloschen, bisweilen kommt es zu Konfabulationen. Unter Umständen können sich auch Zustände deliranter Verworrenheit mit Erregungen, die bis zu manisch-erregtem Toben führen können, sodaß der Patient nur mit Mühe am Ort gehalten werden kann, entwickeln (Jaeger), die jedoch einige Stunden, längstens Tage nicht überdauern, während Ängstlichkeit, Schreckhaftigkeit, Zerstreutheit, Arbeitsunlust und Willensschwäche noch wochenlang bestehen können. Der Bewußtseinsverlust tritt auch ein, wenn das Zentralnervensystem nicht in direktem Stromkreis liegt. Dies deutet auf die reflektorische Natur der Bewußtlosigkeit hin (Jaeger). Auf körperlichem Gebiete zeigen sich halbseitige oder doppelseitige Lähmungen, Empfindungsstörungen, Schmerzen, Mißempfindungen, Kopfweh, Schwindelgefühl, Taubheit, Blindheit, Erschwerung der Sprache, Blasen- und Mastdarmstörungen, Steigerung der Reflexe, positiver Babinski (Panse), Muskelkrämpfe, Zittern, Schwitzen, ferner Beschleunigung und Unregelmäßigkeit des Pulses, Störungen der Atmung, flüchtige Oedeme. Alle diese Krankheitszeichen, die sich noch nach Tagen entwickeln, haben die Neigung, sich bald wieder zurückzubilden. Nur ausnahmsweise kommt es zu dauernden Lähmungen.

Die Grundlage der hier genannten Störungen mag einmal eine mächtige seelische Erschütterung sein, die bei der Entstehung der Delirien wesentlich mitwirken mag. Es ist wohl auch sicher, daß sehr starke elektrische Ströme auch greifbare Veränderungen am Nervensystem hervorrufen können. Man findet vor allem Gefäßzerreißungen und Blutungen in den verschiedensten Gegenden des Nervensystems. Wenn man das Gefäßsystem im Gehirn anatomisch untersucht, so zeigt sich nämlich, daß die Endothelien auffälig geschwollen sind. Es zeigte sich ferner, daß manchmal perivasculäre kleine Haemorrhagien entstehen. In seltenen Fällen soll es zur Exsudation von weißen Blutkörperchen kommen. Das Blut ist manchmal lackfarben. Es treten in der Rinde Verödungsherde auf. Die Ganglienzellen zeigen wabig-vacuoläre Degeneration (Marburg), die wohl auch als die Ursache der seltenen dauernden Lähmungen angesehen werden kann. Sodann sind aber auch weitere, feinere Veränderungen der Nervenzellen nachgewiesen worden, wie Zerreißungen, Auflösung der Nisselkörper (Jellinek), Verlagerung der Kerne. Diese Veränderungen scheinen aber, wenn das Leben erhalten bleibt, rückbildungsfähig zu sein.

Als Todesursache sehen Schridde und Alvensleben das Herzkammerflimmern an. Darunter versteht man wogende Bewegungen der Herzkammer infolge ungeordneter, ungleichzeitiger Zusammenziehung der einzelnen Muskelfasern. Der Blutkreislauf kommt dadurch zum Stillstand. Dieses Aussetzen der Zufuhr des Blutsauerstoffes verursacht ein Ersticken der lebenswichtigen Organe wie des Gehirns. An Versuchstieren konnte bei Anwendung verhältnismäßig niedriger Stromstärken Herzkammerflimmern erzeugt werden, während hohe Stromstärken das Herz nicht zum Flimmern brachten, sondern erst nach längerer Einwirkungsdauer das Zentralnervensystem lähmten. Alvensleben konnte selbst bei einem durch den elektrischen Stuhl Hingerichteten bei der sofort angeschlossenen Obduktion das Herz noch im Thorax flimmern sehen. Schridde konnte bei den von ihm obduzierten Fällen nie Veränderungen am Nervensystem feststellen, anderseits fand er aber, daß in 88 Prozent der Todesfälle die Stromeintrittsstelle an der linken Hand lag. Im Gegensatz zu der mitgeteilten Ansicht nimmt Jellinek an, daß die Ursache des elektrischen Todes in einer Lähmung des Zentralnervensystems zu suchen ist. Er begründet seine Auffassung durch klinische Beobachtungen, in denen die Atmung vor der Herztätigkeit zu erlöschen schien. Grundsätzlich unterscheiden sich beide Auffassungen in der Beurteilung der Folgen nach eingetretener Schädigung. Führt diese zu Herzkammerflimmern, so erlöschen die Lebensfunktionen endgültig, tritt dagegen eine Lähmung des Zentralnervensystem ein, so handelt es sich zunächst nur um einen Scheintod, also um ein ausgleichbares Darniederliegen der wichtigen Lebensvorgänge. Panse ist der Ansicht, als Todesursache einen übergeordneten Absterbevorgang, nämlich das Versagen des peripheren und zentralen Kreislaufes, annehmen zu können. Damit ist nun aber anzunehmen, daß die beiden erwähnten Auffassungen, je nach den Umständen die Todesursache sein können.

Zum Schluß sei kurz auf einen Punkt eingegangen. Jellinek, Mészáros, Kaplan sagen, daß der Mensch durchschnittlich dem Strom gegenüber große Toleranz zeigt. Eine große Rolle spielen aber beim Menschen psychomotorische Kräfte, welche durch entsprechende Einstellung der Atmung, des Blutdruckes und der Muskelinnervation der Stromeinwirkung bis zu einem gewissen Grade entgegenarbeiten. Die Erfahrung zeigte, daß durch Einstellung der Aufmerksamkeit die Berührung mit dem Strom ohne Gefahr ablaufen kann. Bei Unglücksfällen aber trifft die Stromwirkung den Verletzten meist überraschend. Selbstverständlich besitzt die Aufmerksamkeit nur eine ganz relative Schutzkraft. Ganz besonders gefährlich scheinen aber Menschen mit Status thymico-lymphaticus, sehr stark schwitzende Personen, solche mit geschwächter Aufmerksamkeit und herabgesetzter psychischer Reaktion und Astheniker zu sein. Daher wird auch von diesen Autoren auf die Wichtigkeit einer richtigen Berufswahl und Beratung hingewiesen.

Im folgenden Teil bringe ich die an der Münchner Chirurgischen Universitätsklinik beobachteten und behandelten Fälle vom Jahre 1928, die mir für diese Arbeit freundlicherweise von der Klinik zur Verfügung gestellt worden sind.

Fall 1.

Der Lokomotivführer Chr. Sch., 42 Jahre alt, aus Stuttgart, wird in die Klinik mit Starkstromverbrennungen an beiden Fußsohlen, schwerer Commotio cerebri, Fraktur des Nasenbeines und Oberkiefers eingeliefert.

Patient war früher nie ernstlich krank. Er gibt auf Befragen unklare Antworten, kann sich nicht entsinnen, wie ihm der Unfall zugestoßen ist. Er sei mit seinem Heizer auf einer Lokomotive gewesen und plötzlich bewußtlos geworden. Nach Zeugenaussage sei er in eine Starkstromanlage gekommen.

Befund: Großer kräftiger Patient. Er ist sehr unruhig, muß festgehalten werden. Kopf: Pupillen reagieren auf Licht und Convergenz. Die Augenlider sind nicht geschwollen, aber bläulich verfärbt. Die ganze rechte Stirnseite ist ebenfalls bläulich verfärbt, mit mehreren oberflächlichen Blutwunden. Das ganze rechte Ohr auf der Vorder- wie Rückseite zeigt graue ineinander übergehende Streifen, die von einem hellroten Hof umgeben sind. Die Gegend um den äußeren Gehörgang herum ist ausgesprochen schwarz gefärbt. Alle diese Stellen sind trocken. Drei schmale, graue, trockene Streifen sind 2 Querfinger hinter dem rechten Ohr am Kopf zu sehen. Von der Nasenwurzel über den Nasenrücken zieht eine 3 cm lange, klaffende, stark blutende Wunde. Die Nase ist eingesunken. Beim Betasten ist der Kopf nirgendwo schmerzhaft. Die linke Hälfte des Nasenbeins ist abgesprungen. Feine Beweglichkeit und Krepitation. Die Schneidezähne des Oberkiefers mit ihren Alveolen sind frei beweglich. Der übrige Oberkiefer scheint fest zu sein. Hals-, Brust- und Bauchorgane o. B. Am rechten Fuß ist medial über dem Grundgelenk der großen Zehe eine pfenniggroße, tiefe Wunde zu sehen. Sie sieht wie ausgestanzt aus, ist trocken und schwarz gefärbt. Eine Wunde von demselben Aussehen befindet sich am linken Fuß auf der Plantarseite des Grundgelenks der großen Zehe. Gliedmaßen frei beweglich. Reflexe o. B., seitengleich.

Nach 2tägiger Bewußtlosigkeit klagt der Patient über Kopfschmerzen, die aber bald zurückgehen. Die Demarkation der Nekrosen beginnt bald und es stellt sich gesunde Granulierung mit schneller Heilungstendenz ein. Temperatur und Puls nie über normal, Harn von Anfang an o. B. Nach 6wöchentlichem Aufenthalt kann der Patient die Klinik verlassen.

Roentgenbefund: Auf der seitlichen Aufnahme des Kopfes erkennt man deutlich mehrere das Nasenbein nach allen Richtungen durchziehende Aufhellungslinien, wodurch das Nasenbein in verschiedene Stücke zerteilt wird. Von diesen Aufnahmen lassen sich Verästelungen in den Oberkiefer hinein verfolgen, sowohl nach unten, als auch nach lateral in die Gegend der Oberkieferhöhle.

Die Art des Unfalles läßt sich gut aus den Verletzungen rekonstruieren. Die Eintrittsstelle ist zweifellos die rechte Kopfseite in der Ohrgegend gewesen, die Austrittsstelle sind die Füße. Hier erkennt man typische Verletzungen nach Kontakt mit einer stromführenden Leitung. Es sind mehr oder minder tiefgreifende Verletzungen festgestellt mit Nekrosen. Besonders bemerkenswert scheinen die an der Vorder- und Rückseite des Ohres festgestellten grauen ineinanderübergehenden Streifen mit hellrotem Hof, die man wohl als Blitzfiguren ansehen könnte. Inwieweit die Frakturierung des Nasenbeines und Oberkiefers mit dem elektrischen Strom in Zusammenhang steht, läßt sich schwer sagen. Auffallend sind

im roentgenologischen Befund die genannten, nach allen Richtungen ziehenden Aufhellungen und die Verästelungen nach dem Oberkiefer hin. Sie erinnern an die erwähnten pathologischen Veränderungen nach Starkstromeinwirkung. Die Stärke des Stromes ist nicht angegeben, aber es ist doch anzunehmen, daß der Unfall auf einer mit Starkstrom betriebenen Fernbahnlokomotive sich ereignete. Auch eine mehrtägige Bewußtlosigkeit und ein Erregungszustand waren vorhanden.

Fall 2.

Der Elektromonteur H. M., 18 Jahre alt, aus München, wird in die Klinik mit Starkstromverbrennungen 1. bis 3. Grades eingewiesen.

Der Patient wird in moribundem Zustand in die Klinik eingeliefert. Er ist bei Bewußtsein, etwas unruhig, macht aber klare Angaben. Es ist ihm nicht bekannt, daß er mit der Starkstromleitung in Berührung gekommen sei. Er glaubt, daß bei seiner Arbeit aus der Leitung oder einem Ölschalter vielleicht infolge Kuzschlusses Flammen herausschlugen, die seine Kleider ergriffen. Mit Bestimmtheit kann er den Unfall nicht angeben. Er wird in nasse Tücher gepackt eingeliefert.

Befund: Außerordentlich bedrohlicher Allgemeinzustand: Blässe, Cyanose, motorische Unruhe, rasche, oberflächliche Atmung. Der ganze Körper fühlt sich kalt an. Kopfhaare versengt, Gesicht gedunsen, Lider oedematös, Augen geschlossen, werden aktiv geöffnet. Sehvermögen intakt. Stromein- und -austrittsstellen sind nicht nachweisbar. Weitaus der größte Teil der Körperoberfläche zeigt Verbrennungen 1. bis 3. Grades. Haut ausgedehnt gerötet, in noch größerer Ausdehnung in Blasen abgehoben, die zum Teil offen sind, an den meisten Teilen der Körperoberfläche liegt das Corium frei und ist zum Teil verkohlt. Die ganze Haut fühlt sich, von wenig unverbrannten Stellen (vgl. unten) abgesehen, lederartig an.

Nicht verbrannt oder nur leicht gerötet ist die Haut unter dem Kinn und unter dem linken Ohr, ein handtellergroßer Bezirk an der Außenseite des linken Ellenbogens, der Basis des Schwertfortsatzes und des Nabels, der Regio pubis, je drei Handbreiten am rechten und linken Unterschenkel, sowie Gesäß-, Kreuz- und Lendengegend. Extremitäten sind sonst frei beweglich. Bewußtlos war Patient nicht. Im spärlichen Urin Albumine, Opaleszenz. Sediment: hyaline und granulierte Zylinder.

Am Nachmittag wird Patient sehr unruhig. Der Puls wird immer kleiner, Bewußtsein ungestört. Abends tritt unter plötzlicher Herzschwäche der Tod ein.

Sektionsbefund: Ausgedehnte Verbrennungen der Körperoberfläche 2. bis 3. Grades, zu zwei Drittel bis drei Viertel, mit Freibleiben besonders der Unterschenkel, Füße und der rechten Hüftgegend, Versengung der Haare an den verbrannten Partien, auch an den Handrücken, Verbrennnung der Fingernägel. Keine Strommarken feststellbar, auch nicht in der hohlen Hand beiderseits. Eindickung des Blutes, reichliche Cruorgerinnselbildung. Akute Lungenblähung, Fettleber, keine Veränderungen der Nieren. Kein Blut im Urin. Hyperämie des Gehirnes, besonders der Hirnrinde.

Der Patient hat Kontakt mit einem Ölschalter bekommen. Die Berührung muß nicht sehr innig gewesen sein, denn all die Erscheinungen sind wohl als Wirkung einer reinen Verbrennung aufzufassen, die durch

den Lichtbogen und damit dem Kleiderbrand entstanden sind. Hervorzuheben wäre, daß — obwohl keine Bewußtlosigkeit, wie besonders bemerkt — dennoch eine Amnäsie für den Hergang des Unfalles bestand.

Fall 3.

Der Elektromonteur T. A., 51 Jahre alt, aus München, wurde mit Starkstromverbrennungen 3. Grades in die Klinik eingeliefert.

Der Kranke wird am Nachmittag durch den Rettungsdienst gebracht. Er ist bei Bewußtsein und gibt an, daß er um etwa 12 Uhr mittags in einem Transformatorenhäuschen auf ihm unerklärliche Art ein aus der Starkstromleitung auf ihn überspringendes Flammenbündel aufgefangen habe. Einen Augenblick war er bewußtlos, wurde dann ins Krankenhaus in P. gebracht, erhielt dort eine Spritze Mf. und wurde dann in die Klinik transportiert.

Befund: Mittelgroßer, kräftiger Mann; Körper und Extremitäten kalt, von kaltem Schweiß bedeckt. Atmung beschleunigt, Puls minimal, kaum fühlbar, 130—140 p. M.

Kopf: Haare versengt, ausgedehnte flächenhafte Epitheldefekte am Kopf und im Gesicht. Augenlider geschlossen, ödematös, reichlich Sekret dringt aus den Bindehautsäcken. Hornhaut trüb, Sehvermögen nur für Lichtschimmer.

An Brust und Rücken ausgedehnte Verbrennungen 1. und 2. Grades. Am rechten Arm findet sich eine hauptsächlich die laterale Seite einnehmende drei-Handteller-große Wunde, aus der Muskelmassen hevorquellen. Der Humerus ist frakturiert, die Frakturränder ragen aus der Wunde hervor. Das Gewebe in ausgedehntem Maße koaguliert, auf Inzision erfolgt keine Blutung mehr. Am rechten Arm weitere flächenhafte Epitheldefekte, Arm und Hand zeigen gelb-weiße Farbe, sie sind von derber, lederartiger Beschaffenheit und völlig gefühllos.

Beide Unterschenkel sind ebenfalls gelb-weiß, hart und lederartig. Der rechte weist über der vorderen Schienenbeinkante eine 5-Markstückgroße Muskelwunde auf. Die Zehen sind zum Teil verkohlt, die Enden der Großzehe fehlen. Keine Blutung, kein fühlbarer Puls, kein Gefühl. Bewegungen der Unterschenkel werden aktiv nicht ausgeführt.

Man versucht den Patienten durch Bluttransfusionen etwas zu stärken, um den rechten Arm exartikulieren zu können wegen drohender Toxinresorption. Das Allgemeinbefinden verschlechtert sich sehr bald. Es tritt Bewußtlosigkeit, komatöse Atmung und weiteres Nachlassen der Herzkraft ein, bis schließlich der Exitus erfolgt.

Sektionsbefund: Ausgedehnte und hochgradige Starkstrom-Verbrennungen. Hochgradige Verbrennungen bis zur Verkohlung in der Mitte des rechten Oberarmes mit Zerlegung des Humerus in zwei Stücke. Neben der Verkohlung Auftreten von bis fast stecknadelkopfgroßen Knochenperlen, enorme Brandwundflächen. Verkohlung der Zehen beiderseits, besonders links. Kraterförmige, daumengroße Strommarken an der Vorderfläche des linken Unterschenkels, drei ähnliche an der Außenfläche des linken Oberarmes. Zahlreiche, sekundär offenbar durch Kleiderbrand entstandene ausgedehnte Brandwunden bis 3. Grades am Rumpf und Gliedmaßen sowie am Kopf und Gesicht mit Versengung der Haare, hochgradiges

entzündliches Oedem der Kopfschwarte. Venisectiowunde, vernäht, in der linken Ellenbeuge (Bluttransfusionen). Mäßige Eindickung des Blutes mit massiger Cruorgerinnselbildung, Adipositas cordis, mit Dilatation, Fettleber. Akute Schwellung der Niere mit Trübung, kein Lipoidverlust der Nebennierenrinde. Blutiger Urin in der Blase (mikroskopisch zahlreiche Hämoglobinzylinder). Kein Ulcus im Bereich des Magendarmkanales. Lungenödem.

Es war bei dem Starkstromverletzten eine kurzdauernde Bewußtlosigkeit mit Amnesie für den Unfallhergang vorhanden. Die Erscheinungen sind, wie aus dem Sektionsbefund zu entnehmen ist, Starkstromverbrennungen bis 3. Grades, untermischt mit sekundär entstandenen thermischen Verbrennungen infolge von Kleiderbrand. Eintrittsstellen sind gewiß beide Arme, da hier auch Strommarken zu finden sind und zwar an der Außenfläche des linken Oberarmes. Austrittsstellen hingegen die Füße — Strommarken an der Vorderfläche des linken Unterschenkels. Auch in diesem Fall ist eine schwerste Verletzung des Knochens vorhanden, mit den von Jellinek erwähnten Knochenperlen. Ob man die Zertrümmerung des Humerus als spezifisch ansehen kann oder als Folge eines Sturzes, muß man dahingestellt sein lassen.

Fall 4.

Der Installateur B. H., 21 Jahre alt, aus München, wird mit Starkstromverbrennungen 2. Grades des 1. und 3. Fingers der linken Hand mit Achseldrüsenentzündung des linken Armes in die Klinik eingeliefert.

B. H. berührte beim Transport von Brettern zufällig eine elektrische Leitung (220 Volt) und erlitt dadurch Brandwunden an der linken Hand. Er war nicht bewußtlos. Zur Zeit war der Kranke arbeitslos und am Unfallstage nur zur Aushilfe bei seinen Verwandten gewesen.

Befund: Mittelgroßer, kräftig gebauter Mann in gutem E. K. Z. An der Innenseite des Daumens und der Beugeseite des 3. Fingers der linken Hand befindet sich je eine große Brandblase, deren Umgebung stark gerötet ist. Die linken Achseldrüsen sind stark geschwollen und druckempfindlich.

Nachdem die Blasen, die einen eitrigen Sekret enthielten, geöffnet worden waren, granulierte die Wunde bald gut und der Patient konnte nach 16 Tagen die Klinik beschwerdefrei verlassen.

Auffallend ist in diesem Fall, daß der Patient bei der gewiß geringen Stromeinwirkung dennoch Verbrennungen an den Händen erlitten hat. Es ist zu bedenken, daß die Bretter zwischen die stromführende Leitung und der linken Hand geschaltet waren und Holz als zumindestens schlechter Leiter anzusehen ist. Eine gute Leitung wäre bei feuchtem oder frischem Holz denkbar.

Fall 5.

Der Elektromonteur P. M., 39 Jahre alt, aus München, wird mit Starkstromverbrennungen am Gesicht und beiden Händen eingeliefert.

Beim Kurzschluß an einer Starkstromleitung geriet er am Einlieferungstage angeblich mit seinem Gesicht und den Händen in den Flammenbogen. Die Haut wäre sofort schwarz verfärbt gewesen und er hätte starke Schmerzen gehabt. Bewußtlos soll er nicht gewesen sein.

Befund: Großer, kräftiger Patient in gutem Allgemeinzustand. Kopf: Die ganze linke Gesichtshälfte außer dem linken Auge bis hinter das Ohr ist schwarz verfärbt und geschwollen. Die Sehkraft des Auges ist wohlerhalten. Linke Hand: Streck- und Volarseite bis handbreit proximal vom Handgelenk ist schwarz verfärbt. Über der Streckseite des dritten Fingers, über dem Daumenballen und auf der radialen Seite des Handgelenks sind Blasen zu sehen. Rechte Hand: Streck- und Volarseite des 1. bis 3. Fingers sind schwarz verfärbt. Eine große Blase ist über dem ersten Metacarpus zu sehen.

Innerhalb von 12 Tagen sind die Wunden soweit verheilt, daß der Patient in ambulante Behandlung entlassen werden kann.

In diesem Falle handelt es sich wieder um eine Mischform der elektrischen Verbrennung. Es erscheinen beide Arten von Verbrennungen, und dies ist auch leicht anzunehmen, denn einesteils hat die große thermische Wärme des Lichtbogens (2000—3000°) eingewirkt, andernteils aber auch Joule'sche Wärme.

Fall 6.

Der Lokomotivführer L. J., 38 Jahre alt, aus München, wird mit einer Commotio cerebri (Shock) und Starkstromverbrennungen am rechten Unterarm und linken Fuß eingeliefert.

Er kam am Einlieferungstage mit einer Starkstromleitung in Berührung. Er war kurze Zeit bewußtlos gewesen. Der Strom soll auf der Volarseite des unteren 1. Drittels des rechten Unterarmes eingetreten und an der linken Großzehe ausgetreten sein. Beide Stellen sind verbrannt. Das Gefühl am rechten Arm sei etwa 1 Stunde erloschen gewesen, ebenso nur kurze Zeit an der linken Großzehe.

Befund: Mittelgroßer, kräftiger Mann in gutem Allgemeinzustand. Er ist bei Bewußtsein, gibt klare Antworten.

Am rechten Unterarm von der Radialseite des Handgelenkes aufwärts ist eine etwa handflächengroße Rötung zu sehen, in deren Mitte sich eine Blase erhebt, die mit heller Flüssigkeit gefüllt ist. Er kann die Hand nicht ganz zur Faust schließen, angeblich wegen Spannung am Unterarm. Etwa entlang dem linken Metacarpale 1 ist eine Rötung zu sehen, in deren Mitte sich ebenfalls eine Blase erhebt. Die linke große Zehe ist geschwollen und gerötet.

Die Verletzungen an den beiden Händen heilen sehr schnell und ohne Komplikationen ab. An der linken Großzehe entwickelt sich eine Spätnekrose, die aber dann im weiteren Verlauf auch abheilt.

Wenn auch die Zeichen der Starkstromverletzung in diesem Falle geringer erscheinen, so zeigen sie doch Schädigungen, die man wohl in der Hauptsache als elektrisches Oedem ansprechen könnte. Außerdem entwickelte sich auf der Basis dieser Oedeme eine Nekrose, und besonders zu bemerken, eine Spätnekrose, die erst nach 8 Tagen auftrat. Außerdem war eine kurze Bewußtlosigkeit und Empfindungsstörungen am Arm wie an der Großzehe vorhanden.

Fall 7.

Der Monteurgehilfe K. H., 21 Jahre alt, aus München, wird mit einer Commotio cerebri, Platzwunde am Hinterkopf und Starkstromverbrennungen 2. Grades unter dem linken Fersenbein eingeliefert.

Am xten des Monats, nachmittags 2 Uhr, war der Kranke bei der Einrichtung eines Stellwerkes beschäftigt. Er hatte dabei Eisenrohre von einer Länge von 6—7 Meter aufzustellen. Es glitt ihm bei dieser Arbeit ein Rohr aus, stürzte nach Rückwärts und fiel in die Drähte einer Hochspannungsleitung. Der Kranke verspürte einen starken Schlag durch den ganzen Körper und fiel mit dem Hinterkopf auf eine Eisenschiene. Der Strom ging an beiden Händen, durch den Körper und am linken Fuß wieder heraus. Der Kranke war bewußtlos.

Befund: Mittelgroßer Mann in gutem Allgemeinzustand. Bei der Einlieferung ist keine Shockerscheinung mehr nachweisbar. Der Kranke kann sich der Vorgänge bis zum Sturz auf die Eisenbahnschiene erinnern.

An den inneren Organen ist nichts Krankhaftes feststellbar. Am Hinterkopf links befindet sich in der Gegend der Lambdanaht eine etwa 4 cm lange Platzwunde mit geringer Ablederung der umgebenden Kopfschwarte. Wunde blutet ziemlich heftig, Wundränder sind etwas zerrissen und leicht gequetscht. An der linken Fußsohle, in der Gegend des Köpfchens des Fersenbeines, befindet sich innerhalb der hier vorhandenen Geschwiele eine etwa einpfennigstückgroße rundliche weiße Partie, die in der Mitte eine leichte Verkohlung zeigt. Geringer roter Saum um diesen Bezirk.

Nach Ablauf von 24 Tagen kann der Patient beschwerdefrei entlassen werden.

Die Verbrennungen am Fuß sind als echte Strommarken anzusehen. An der Eintrittsstelle ist nichts festzustellen. Auch hier bestand eine Bewußtlosigkeit und Amnesie für den Unfall.

Fall 8.

Der Maurer C. P., 55 Jahre alt, aus Pfaffenhofen, wird mit Geschwüren an beiden Händen und Unterarmen nach Starkstromverbrennung eingeliefert.

14 Tage vor dem Einlieferungstage verbrannte sich der Patient an der rechten Hand und an beiden Unterarmen mit einem nichtisolierten stromführenden Draht. Er ging zum praktischen Arzt und ließ sich behandeln. Da aber keine Besserung eintrat, wurde er 14 Tage später in die Klinik überwiesen.

Am xten des Monats kam Patient beim Decken des Daches der Starkstromleitung zu nahe und erlitt ausgedehnte Verbrennungen am linken Vorderarm sowie im Bereich der rechten Hand.

Befund: Mittelgroßer, mittelkräftig gebauter Mann in gutem Allgemeinzustand. Über dem linken Handgelenk an der radialen Seite findet sich eine 5-Markstück-große, ziemlich tiefe Wunde. Der Grund ist mit eitrig belegten schlaffen Granulationen bedeckt. An den Rändern beginnende Vernarbung. Die Granulationen sind mit den Streckmuskeln verwachsen. In der gleichen Höhe auf der ulnaren Seite liegt eine etwas kleinere längliche Wunde, mit sauberen Granulationen. Über dem ulnaren Handrücken, zwischen dem Köpfchen des Metacarpus 3 und 4 beginnend, zieht dem Handgelenk und um das distale Ende in leichter S-Form eine 13 cm lange, 4 cm breite, tiefe Wunde. Die Strecksehne des 5. Fingers liegt frei, ebenso die seitlichen Handgelenkbänder. Die Wunde zeigt schmierige Granulationen. In der Hohlhand über der Handwurzel befindet sich eine

V-förmige, schmierig eiternde Wunde, in der die Aponeurose frei liegt. Weitere kleine Wunden liegen an der Basis des 2. bis 3. Fingers, an der Fingerkuppe des Daumens. An den Kuppen des 3. bis 5. Fingers sind frische Narben vorhanden.

Die Verletzungen der rechten Hand sind bereits verheilt. Nach Ablauf von 3 Monaten heilen auch die Verletzungen der linken Hand und Unterarme. Es bleibt eine geringe Bewegungseinschränkung und bläuliche Verfärbung der Haut beider Hände und beider Vorderarme als Zeichen noch bestehender Durchblutungsstörungen.

In diesem Fall handelt es sich um Starkstromverletzungen (340 Volt laut Gutachten) mit besonders schlechter Heilungstendenz der Verletzungen am linken Arm. Auch die in diesem Fall besonders vermerkte bläuliche Verfärbung beider Hände als Folge noch bestehender Durchblutungsstörungen bestand noch nach 4 Monaten Dauer.

Fall 9.

Der Werkmeister B. J., 37 Jahre alt, aus München, wird mit Starkstromverletzungen und einem komplizierten Oberschenkelbruch eingeliefert.

B. ist beim Arbeiten am Drahtnetz der Straßenbahn vom elektrischen Strom getroffen worden und auf die Straße gefallen.

Befund: Mittelgroßer, kräftiger Mann in gutem Allgemeinzustand. Bei der Aufnahme ist es cyanotisch und Schaum steht vor dem Munde. Bei der Aufnahme wird Herztätigkeit noch festgestellt. Kleine Verbrennungen finden sich an beiden Augenbrauen. An der Streckseite des unteren Drittels des linken Oberschenkels finden sich drei Stromaustrittsstellen. In der Mitte des Oberschenkels an der Außenseite eine etwa 5 cm lange Platzwunde. Der Oberschenkel ist etwa in der Mitte abgebrochen.

Es wird sofort mit der künstlichen Atmung und Herzmassage begonnen. Die Atemwege werden freigehalten. Die Luft streicht deutlich hörbar ein und aus. Die anfänglich ganz weiten Pupillen werden etwas enger. Man hat zunächst den Eindruck, daß die Gesichtsfarbe sich etwas bessert, sodaß schwache Hoffnung besteht, den Verunglückten am Leben zu erhalten. Herztätigkeit läßt sich bei weiterer Prüfung nicht mehr feststellen. Der Zustand hält eine Stunde unverändert an. Plötzlich ist kein Durchstreichen der Luft mehr hörbar. Die Atemwege sind durch Mageninhalt verlegt, deshalb sofort Tracheotomie. Nach Einführen der Kanüle und Absaugen des Mageninhalts streicht die Luft wieder hörbar ein und aus. Das Aussehen wird aber schlechter.

Mittelstarke Cyanose im Gesicht mit blasser Verfärbung der vorstehenden Teile. Die Aussicht, den Kranken zu erhalten, schwindet immer mehr. Dennoch werden die Wiederbelebungsversuche noch $1^1/_2$ Stunde fortgesetzt. Außerdem wird Strophantin i. v. injiziert und Adrenalin in den Herzmuskel. Nach $1^1/_2$ Stunden werden die Wiederbelebungsversuche abgebrochen. Der Mann ist tot. Es zeigen sich an den abhängigen Stellen schon Totenflecken. Die Pupillen stehen in Mittelstellung vollkommen reaktionslos. Die Hornhaut und die Skleren werden trüb und welk.

Sektion wurde keine ausgeführt.

Der Stromschluß erfolgt in diesem Falle von den Augenbrauen nach dem linken Oberschenkel hin. So lag hier sowohl das Gehirn als auch

das Herz im Strombereich, sodaß beide Teile von einer ziemlich hohen Strommenge getroffen worden sind, was auch den schnellen Tod erklären könnte. Denn, obwohl bei der Einlieferung noch Herztätigkeit festgestellt werden konnte, ist doch anzunehmen, daß es sich hier um einen reinen Herztod nach Starkstromverletzung handelt.

Fall 10.

Der Dachdecker R. M., 27 Jahre alt, aus München, wird mit Verbrennungen 1. und 2. Grades an beiden Händen eingeliefert.

Der Verunglückte war mit Dachdeckerarbeiten beschäftigt. Dabei kam er mit der elektrischen Leitung (220 Volt) mit beiden Händen in Berührung und blieb daran hängen, bis die Leitung ausgeschaltet werden konnte. Er war kurze Zeit bewußtlos, weshalb bereits am Unfallort Wiederbelebungsversuche ausgeführt wurden.

Befund: Mittelstarker Mann in gutem Allgemeinzustand. Beiderseits in der Vola manus ist die Haut über den Fingergrundgelenken gleichmäßig gerötet. Die Rötung verliert sich aber allmählich im Gesunden. Auch die volargelegene Haut der Fingerglieder zeigt dieselbe Rötung. Dort sind an beiden Mittelfingern, am 3. und 4. rechten Finger und an der Innenseite des rechten Daumengrundgelenkes Brandblasen zu sehen.

Nach 5 Tagen kann der Patient bereits in ambulante Behandlung entlassen werden.

Der Stromfluß wird von beiden Händen zu den Füßen gegen die Erde geflossen sein. Es bestand ein Dauerkrampf, der sich erst nach Unterbrechung der Strombahn löste. Anschließend bestand eine kurzdauernde Bewußtlosigkeit.

Fall 11.

Der Maschinenbaulehrling V. K., 17 Jahre alt, aus München, wird mit Starkstromverbrennungen 2. und 3. Grades an beiden Hohlhänden und am linken Fuß eingeliefert.

Der Verunglückte kam beim Aufladen von Eisenrohren im Güterbahnhof L. mit einem Eisenrohr der Hochspannungsleitung zu nahe und wurde zu Boden geschleudert. Er war nach Angabe seiner Mitarbeiter zwei Minuten bewußtlos. Als er aufwachte, hatte er starke Schmerzen an der linken Körperseite und besonders heftige Schmerzen an beiden Hohlhänden und an der linken Fußsohle. Als er aufstehen wollte, konnte er nicht mehr gehen.

Befund: Ein 17jähriger Kranker in gutem Allgemeinzustand. Beide Hohlhände sind geschwärzt, die Bewegungen im Handgelenk, der Finger sind eigentätig ziemlich eingeschränkt, beide Hohlhände sind etwas druckempfindlich, keine Blasen zu sehen. Die linke Fußsohle ist geschwärzt und an der linken Fußzehe findet sich ein kleiner Hautdefekt, in dessen Umgebung die Haut sehr stark verkohlt ist. Bewegungen im Fußgelenk eigentätig nicht mehr möglich.

Die Verletzungen an den beiden Hohlhänden heilen recht bald ab. An der Fußsohle tritt im Heilungsverlauf noch eine Phlegmone auf, aber nach dreimonatlicher stationärer Behandlung kann der Kranke in ambulante Behandlung entlassen werden.

Stromeintrittsstelle waren beide Hände, Austrittsstelle der linke Fuß. Die weitgehenden Veränderungen an den Hohlhänden und an der linken Fußsohle beruhen wohl darauf, daß gerade hier die Haut dem elektrischen Strom einen besonders großen Widerstand entgegensetzt und damit der Effekt der Joule'schen Wärme ein umso größerer wird. Es bestand eine Bewußtlosigkeit von zwei Minuten Dauer.

Fall 12.

Der Schlosser K. P., 35 Jahre alt, aus Nürnberg, wird mit einer Commotio cerebri und Starkstromverletzungen am Kopf und an beiden Füßen eingeliefert.

Am xten des Monats, um 10 Uhr vormittags, wollte K. in der Betriebswerkstätte der Eisenbahn auf einer Dampflokomotive Kohlen fassen. Dabei kam er in die Nähe der Oberleitung der Hochspannung, der Strom schlug über und nahm den Weg zur Erde durch den Körper. Er fiel um und war bewußtlos. Noch heute, 5 Tage nach dem Unfall, fehlt dem Patienten die Erinnerung an die letzten 2 bis 3 Stunden vor dem Unfall vollkommen.

Befund: Kräftiger Mann in gutem Allgemeinzustand. Kopf im Bereich der Höhe der Pfeilnaht auf der linken Seite handbreit bis zum Ohr herunterreichend, im Bereich des linken Scheitelbeinknochens eine handtellergroße, schwarz verfärbte Hautstelle. Im Bereich des ganzen Schädeldaches Überempfindlichkeit und im Stirnbereich starke Druckempfindlichkeit. Bluterguß am rechten Auge. Im Bereich der rechten und linken Wange leichte Schwellung. Im Bereich der Zehen des rechten und linken Fußes und der Fußsohlen schwarz verfärbte pfennigstückgroße Hautstellen.

Die Wunden am Kopf und an beiden Füßen heilen ohne Komplikationen innerhalb von drei Monaten ab.

Eintrittsstelle ist der Kopf, Autrittsstelle beide Füße. Obwohl das Gehirn direkt in der Strombahn lag, sind keine weiteren cerebralen Erscheinungen aufgetreten, als die augenblickliche Bewußtlosigkeit mit der bestehenden retrograden Amnesie. Das wäre daraus zu erklären, daß eben das Schädeldach mit Haut, Unterhautgewebe und Galea dem elektrischen Strom einen ganz erheblichen Widerstand entgegensetzt.

Fall 13.

Der Schosser B. J., 25 Jahre alt, wird mit Starkstromverbrennungen am Rücken, Bauch und an beiden Armen eingeliefert.

Der Kranke verunglückte bei Monteurarbeiten auf einer elektrischen Lokomotive folgendermaßen: Nach Angabe seiner Arbeitskameraden lag er auf dem Rücken und arbeitete mit beiden Händen an dem Strombügel der Lokomotive. Die Hochspannungsleitung stand versehentlich unter Strom, und der Verletzte scheint (er selbst kann sich daran nicht erinnern) mit den Armen in die Leitung gekommen zu sein. Nach der Berührung brannten sofort die Kleider. Er wurde von den Kameraden heruntergeholt und in die Klinik eingeliefert.

Befund: 25jähriger Mann in gutem Allgemeinzustand. Im Urin bei der Aufnahme leichte Eiweißtrübung. Am ganzen Rücken, faßt bis zum Gesäß reichend, an beiden Armen, besonders beide Ellenbogen und Unter-

arme betreffend, sowie am Bauch finden sich Verbrennungen meist 3. Grades, die etwa 1—2 cm in die Tiefe reichen. (Beim Einschneiden in einige der verbrannten Stellen Blutung erst in der Tiefe.) Der Kranke ist bei vollem Bewußtsein, kann sich aber an den Augenblick des Unfalles nicht erinnern. Er hat nur mäßige Schmerzen und einen leichten Shock.

Man versucht den Patienten in der Hauptsache mit Bluttransfusionen gegen die bestehende Toxinresorption zu schützen. Außerdem wird ihm zweimal ein Dauerbad gegeben, in dem sich die Nekrosen abstoßen, die viel tiefer reichen, als anfänglich vermutet werden konnte. Er bekommt eine Pneumonie, an der er am 17. Tage erliegt.

Sektionsbefund: Verbrennungen 2. und 3. Grades durch Starkstrom am ganzen Rücken, am Oberbauch und an beiden Armen. Konfluierende Bronchopneumonie in beiden Lungenlappen mit Pleuritis fibrinosa.

Der Stromfluß wird von den Händen nach dem Gesäß und Rücken gegangen sein. Die Verbrennungen sind vermischt mit solchen elektrischer und thermischer Art, da ja ein erheblicher Kleiderbrand entstanden war. Eine Bewußtlosigkeit bestand nicht, nur ein leichter Shock ist erwähnt mit einer Amnesie.

Fall 14.

Der Zählerinspekteur F. W., 45 Jahre alt, aus Rosenheim, wird mit Verbrennungen 2. Grades am 2. bis 5. Finger an der linken Hand nach Sensibilitätsstörungen infolge Starkstromverletzungen eingeliefert.

Vorgeschichte: F. erlitt am xten Tage des Monats einen Betriebsunfall Er wollte eine schadhafte Hochspannungssicherung auswechseln. Da die Leitung nicht ausgeschaltet war, kam er mit dem hochgespannten Strom (10 000 Volt) in Berührung. Der Verletzte war gegen Erde durch eine Gummiplatte gesichert. Da er sich aber mit der Hand an einem eisernen Gitter anhielt, war Erdung vorhanden, sodaß der Strom von der linken zur rechten Hand ging. Der Kranke war sofort bewußtlos — etwa $^1/_4$ Stunde lang wurden Wiederbelebungsversuche an Ort und Stelle ausgeführt — und zog sich Verbrennungen an beiden Händen und Achseln zu.

Befund: 45 Jahre alter Mann in gutem Allgemeinzustand. Linker Arm: Im unteren Drittel des Unterarmes liegt in der ganzen Ausdehnung der Streckseite das Corium frei. Auf der Beugeseite ist die Haut am Handgelenk schwärzlich verfärbt und in großer Ausdehnung gerötet. Hand und Finger im ganzen stark geschwollen. Am Zeigefinger, 3. Finger und am Daumenballen Blasenbildung. Hand- und Fingergelenke können bewegt werden, das Gefühl auf der Streckseite ist vorhanden. Auf der Hohlhand und auf der Beugeseite der Finger kein Gefühl. In der linken Achselhöhle befindet sich eine große Brandstelle in Ausdehnung eines Handtellers. In der Mitte derselben ist die Haut schwarz-bräunlich verfärbt, während die Umgebung stark gerötet ist. In der linken Ellenbeuge befindet sich eine kleinere Verbrennung 1. Grades. — Rechter Arm: Auch die rechte Hand ist stark geschwollen. Hier zeigen sich Verbrennungserscheinungen nur auf der Beugeseite, an der radialen Seite des Daumens, und am Grundgelenk des Zeigefingers wurden tiefgehende Zerstörungen durch Verbrennungen gesetzt. Oberflächliche Verbrennungen finden sich an den drei übrigen Fingern, am Daumenballen. Eine

große, blasse Stelle an der Beugeseite des rechten Handgelenkes. Eine etwa kastaniengroße Brandblase etwas oberhalb der Ellenbeuge. In der rechten Achselhöhle zieht von ihrer vorderen bis zur hinteren Begrenzung eine Kette von feinen Brandbläschen. Eine ähnliche Kette von Brandbläschen ist an der Innenseite des Oberarmes (oberes Drittel) zu sehen.

Die Verbrennungsstellen im Bereich der rechten Hand heilten verhältnismäßig rasch, ohne wesentliche Funktionsstörungen zurückzulassen. Im Bereich der linken Hand jedoch blieben erhebliche Verletzungsspuren und Funktionsstörungen zurück. Die Heilung der Wunden beanspruchte über $4^1/_2$ Monate Zeit. Man stellte eine Sehnentransplantation an der linken Hand in Aussicht, die aber wegen der übermäßigen Verschwielung der Handgelenksehnen unterlassen wurde.

Bei drei Monate später erfolgter Nachuntersuchung ergab sich folgender Befund: Rechte Hand: Reizlose Narbe am rechten Daumen, Daumenballen und am Kleinfinger. Hier findet sich eine leichte Kontraktur im Grundgelenk. Ein ganz geringer Schwund der Daumenmuskulatur ist vorhanden, eine wesentliche Gebrauchseinschränkung der rechten Hand ist nicht nachweisbar. Die Verbrennungsspuren in der Achselhöhle, am Oberarm und Unterarm beiderseits reizlos vernarbt. Eine wesentliche Muskelatrophie der Oberarme ist nicht vorhanden, die Unterarmmuskulatur links infolge der Gebrauchsunfähigkeit der linken Hand atrophisch. — Linke Hand: Steht in typischer Krallenhandstellung. Die Haut auf dem Handrücken ist atrophisch. Die Finger sind blaurot verfärbt, die Hand fühlt sich kalt an, der Daumenballen ist geschwunden. Der Daumen selbst ist durch Narbenkontraktur abduziert. Der Zeigefinger daumenwärts verzogen. Die Fingerstellung ist in den Grundgelenken gestreckt, in den Mittel- und Endgelenken gebeugt (Krallenhand). Es besteht praktisch eine völlige Versteifung aller Finger. Die große Narbenfläche auf der Handgelenksbeugeseite ist völlig reizlos.

Neurologisch: Es findet sich eine diffuse Herabsetzung der Sensibilität der linken Hand, die Bewegungsbehinderung ist mechanisch infolge Muskelausfall bedingt und durch Narbenschrumpfung irreparabel. Völliger Ausfall der Handnerven nur im Bereich des Medianus. An der rechten Hand finden sich keine groben neurologischen Ausfallserscheinungen.

Eintrittsstelle war die linke Hand, Austrittsstelle die rechte. Als Folge des Stromflusses von links nach rechts sehen wir schwerste Verletzungen, größere an der linken Hand, weniger schwere rechts. Links war die Nekrose so tiefgehend, daß erstens eine Versteifung des Handgelenkes und Ausfall der Handnerven (Medianus) übrigblieb. Auf Grund dieser Sensibilitätsstörung zog sich F. Verbrennungen zweiten Grades in einem selbstbereiteten Handbad zu. Außerdem bestand eine Bewußtlosigkeit von ungefähr $^1/_4$ Stunde, die durch Wiederbelebungsversuche wirksam bekämpft wurde.

Fall 15.

Der Maschinenschlosser K. H., 28 Jahre alt, aus München, wurde mit Starkstromverbrennungen der rechten Hand und Schulterblattbruch links eingeliefert.

Am xten des Monats hatte der Kranke an einem Kran eine Reparatur auszuführen. Dabei kam er aus Versehen mit der rechten Hand in

die Leitung, an der er eine Minute lang hängen blieb. Während er mit der rechten Hand an der Leitung hing, wurde er mit der linken Schulter gegen einen Eisenträger geschleudert.

Befund: Mittelstarker Mann in gutem Allgemeinzustand. Heftige Schmerzen im gesamten Bereich der linken Schulter. An der rechten Hand weisen die Endglieder des Mittel-, Ring- und Kleinfingers an der Streckseite teils bis zum Knochen reichende trockene Verschorfungen auf. Die Brandwunden sind rinnenförmig und befinden sich am 4. u. 5. Finger über dem Mittelglied, am 3. Finger über dem Endglied. Die Herzaktion war sehr unregelmäßig und beschleunigt, bis zu 200 p. M., Puls klein, unregelmäßig.

Innerhalb von $1^1/_2$ Monaten sind die Verletzungen ausgeheilt. Die Herzaktion kehrte bereits am darauffolgenden Tage zur Norm zurück. Er machte noch während der eigentlichen Krankheit eine Angina mit einer Polyarthritis und Ulnarneuritis links durch.

Stromfluß erfolgte von der rechten Hand nach den Füßen oder dem Schulterblatt links. Jedenfalls sind Austrittsstellen nicht beobachtet worden. Die schnittwundenartigen Verletzungen an der rechten Hand gehören in die Rubrik der elektrischen Verletzungen nach Jellinek. Außerdem bestand eine zeitweilige Herzschädigung, wie Unregelmäßigkeit und Beschleunigung, die sich aber innerhalb eines Tages bis zur Norm besserte.

Fall 16.

Der Schlosser R. M., 16 Jahre alt, aus München, kommt mit Commotio cerebri und Starkstromverletzungen selbst in die Klinik.

Der Patient hatte Nachtdienst und bohrte mit einer elektrischen Bohrmaschine. Plötzlich bekam er Kontakt mit Starkstrom. Er blieb wie angewurzelt stehen, und als der Strom ausgeschaltet wurde, fiel der Patient um. Er war kurze Zeit bewußtlos.

Befund: Rechte Kopfseite geschwollen, am rechten Unterlid ein Hämatom. Am rechten Daumen Schwellung und Schmerzen im Metacarpalgelenk.

Es stellt sich noch eine Angina Plaut-Vincent ein, sodaß die Entlassung erst nach 14 Tagen erfolgen kann.

Stromfluß von beiden Händen zu den Füßen ohne sichtbare Oberflächenschädigung. Die Commotio cerebri mag wohl die kurzdauernde Bewußtlosigkeit bedingt haben, wie auch die Stauchung des rechten Daumens.

Fall 17.

Der Schüler M. E., 13 Jahre alt, aus München, wird mit Starkstromverbrennungen 2. und 3. Grades eingeliefert.

M. war am xten des Monats abends zum Spielen auf das Eisenbahngelände gegangen und stieg dort auf ein Wagendach. Einer seiner Freunde berührte vor ihm zuerst die Oberleitung, sofort hernach berührte er dieselbe, ohne angeblich einen Schlag zu verspüren. Erst bei der zweiten Berührung, vermutlich mit der rechten Hand, sei es zum Stromfluß gekommen. Er erinnere sich nicht, auf welche Weise er verunglückt sei, wäre aber sofort vom Wagen heruntergestürzt und habe

angeblich eine Stunde bis zum Transport liegen müssen. Es fanden sich noch Reste verkohlter Kleider an ihm.

Befund: Ein 13jähriger Knabe in gutem Allgemeinzustand. Lederartige, harte, unempfindliche Haut von der rechten Kieferwinkelgegend circulär bis an den Ellenbogen. Ringförmige drittgradige Verbrennung oberhalb des rechten Handgelenkes. Verkohlte doppelhandflächengroße Partie rechts vorn an der Brust und Streifen gleicher Art rechts an der Wirbelsäule in gleicher Höhe. Drittgradige Verbrennung des rechten Ohres und Teile der rechten Wange. Platzwunde von 8 cm Länge am linken Tibiaköpfchen. Verbrennungen zweiten Grades an der gesamten Körperfläche rechts und der Innenseite des linken Beines von oben bis unten. Keine Strommarken und Blitzfiguren.

Der Patient erliegt am zweiten Tage unter den Erscheinungen einer Kreislaufinsuffizienz.

Beim Spielen war der Verunglückte mit der stromführenden Oberleitung der Hochspannungsanlage der elektrischen Fernbahn in Kontakt gekommen. Daß er erst bei der zweiten Berührung verunglückte, mag wohl daran liegen, daß er vorher gut isoliert stand. Der Stromfluß erfolgte dann von der rechten Hand nach den Füßen zu, und die Verletzungen zeigen nun das Bild der elektrischen und thermischen gemischt. Ob eine Bewußtlosigkeit bestanden hat, geht aus der Krankengeschichte nicht deutlich hervor, ist aber doch anzunehmen. Zumindesten bestand eine Amnesie für den eigentlichen Unfallshergang.

Fall 18.

Der Maurer R. J., 25 Jahre alt, wird mit Herzlähmung nach Einwirkung von elektrischem Strom eingeliefert.

Die einbringenden Rettungsmänner geben an, daß R. beim Ausglätten eines Leitungsschachtes an das Kabel der elektrischen Lichtleitung gekommen sei (220 Volt). Näheres ist nicht bekannt.

Befund: Atem- und Herzstillstand. Pupillen maximal weit, keine Lichtreaktion, Reflexe erloschen. Kopf, Hals und obere Brustabschnitte zeigen bereits Blaufärbung. An der Beugeseite des linken Daumens, des Zeige- und Mittelfingergliedes rundliche Brandwunden dritten Grades. Flächenhafte Verbrennung dritten Grades in Ausdehnung eines Handtellers auf der Brustseite.

Es wurde sofort künstliche Atmung eingeleitet, Lobelin i. v. und Adrenalin intracarcial gegeben. Nach über einstündiger künstlicher Atmung wurde diese als aussichtslos abgebrochen, da sich an den abhängenden Teilen des Körpers bereits Totenflecken bildeten.

Sektionsbefund: Außerordentlich reichliche Totenflecken mit kleinen Blutungen innerhalb derselben, besonders in der linken seitlichen Brustwand. Kleine blutunterlaufene Wunden an beiden Zungenrändern nahe der Spitze, Strommarken an den Endgliedern der linken Finger (mit Ausnahme des kleinen Fingers) und auch am Mittelglied des Mittelfingers. Pfennigstückgroße Blutunterlaufung über der Vorderfläche des Herzbeutels um eine Nadelstichöffnung herum (cardiale Injektion). Flächenhafte Schürfungen an beiden Rippenbögen nach Wiederbelebungsversuchen. Zahlreiche kleinste Blutungen im Lungenfell. Überall flüssiges Blut. Mäßig reichlich Lungenödem, Stauung der Milz und ganz besonders

der Nieren, letztere außerordentlich fest. Blutiger Inhalt (ca. 100 ccm) im Magen ohne nachweisbare Quelle. Kleines Schleimhautdivertikel im Duodenum. Status thymolymphaticus.

Es handelt sich in diesem Fall zweifellos um einen primären elektrischen Herztod. Daß der Tod bereits bei einer Stärke von 220 Volt möglich ist, wird von vielen Autoren besonders hervorgehoben. Dieser Verunglückte war nun noch besonders gefährdet, da er zum Status thymolymphaticus gehörte. Strommarken zeigen sich an den Fingern der linken Hand als Eintrittsstelle, Austrittsstelle waren gewiß die Füße.

Fall 19.

Der Eisenbahnarbeiter S. J., 39 Jahre alt, wird mit Starkstromverletzungen eingeliefert.

Als Patient am xten des Monats $8^1/_4$ Uhr bei der Arbeit einen Expansionsschalter an einer Maschine ausbaute, trat im Moment des Herausziehens Kurzschluß ein und zwar durch Herunterfallen der Handlampe (240 Volt), worauf Patient bewußtlos wurde und zu Boden fiel. Nach mehreren Stunden Bewußtlosigkeit wachte Patient gegen Mittag 2 Uhr in der Klinik auf, wo er hingebracht worden war.

Befund: Kräftiger 39jähriger Mann in gutem Allgemeinzustand. An der linken Handfläche und in der linken Ellenbeuge, ebenso rechten Ellenbeuge Verbrennungen dritten Grades. An den Zehen sind die beiden Stromaustrittsstellen zu sehen.

Es kommt im Heilungsverlauf als Komplikation eine Hohlhandphlegmone links hinzu. Nach $1^1/_2$monatlichem stationärem Aufenthalt kann der Patient die Klinik verlassen. Nach Jahresfrist soll sich S. noch einmal melden zwecks Abnahme des vierten Fingers links, der infolge der Verletzungen die Beweglichkeit verloren hat und somit hinderlich ist.

Mit dem Herunterfallen der Handlampe bekam S. Kontakt mit der stromführenden Leitung, und zwar scheint er sich irgendwie mit beiden Ellenbeugen eingehangen zu haben. Der Strom ging durch beide Füße zur Erde ab. Außerdem bestand eine fast 6stündige Bewußtlosigkeit.

Fall 20.

Der Elektrohilfsmonteur S. J., 28 Jahre alt, aus München, wird mit Starkstromverbrennungen eingeliefert.

Am xten des Monats früh 8 Uhr machte der Patient Überholungsarbeiten an Schalteinheiten (Hochspannung 7000 Volt). In der Meinung, der Strom sei ausgeschaltet, erfaßt er eine Metallschiene und blieb sofort an ihr hängen. Erst nach 90 Sekunden konnte durch Ausschalten des Stromes der Patient befreit werden.

Befund: Mittelgroßer Mann in gutem Allgemeinzustand. An der rechten Fußsohle befindet sich eine faustgroße Blase. Am linken Fuß, an der Fußsohle Verbrennungen dritten Grades. Verkohlung der Plantarfläche der ersten drei Zehen. Die Körperchen der Metarsalia 4 und 5 liegen bloß und sind schwarz. Über dem ganzen linken Fußrüken bis handbreit auf den Unterschenkel befinden sich Verbrennungen zweiten Grades. Linke Hand: Das Daumenglied und die Endglieder des 3. und 4. Fingers sind vollkommen weggebrannt. Die Haut des Zeige- und Ring-

fingers ist nekrotisch. Die Volarseite des linken Handgelenkes ist drittgradig verbrannt. Ebenso die Ellenbeugegegend der Streckseite links. Rechte Hand: Die Haut über der Streckseite des Daumens und die des dorsalen Interdigitalraumes ist weggeschmort.

Die Demarkationen schreiten schnell fort, sodaß nacheinander der linke Daumen, die kleinen Zehen des linken Fußes, die Endglieder des linken Mittelfingers abfallen. Außerdem ist immer etwas Fieber und im Urin Epithelien, Leukocyten und einige Erythrocyten vorhanden. Nach $2^1/_2$ Wochen wacht der Patient nachts plötzlich auf und bemerkt, daß er stark aus der rechten Hand blutet. Der Blutverlust war so stark, daß eine Transfusion vorgenommen werden mußte. Auch aus dem linken Fuß blutete es beim Verbinden. Es wird dann der linke Fuß im oberen Drittel des Unterschenkels abgenommen. Auf die großen Granulationsflächen der linken Hand setzt man Reverdin'sche Läppchen aus dem Oberschenkel auf, um die Überhäutung etwas zu begünstigen. Der Patient war bei Abschluß dieser Arbeit noch in stationärer Behandlung.

Es zeigen sich schwerste Verbrennungen bis zu vollkommenen Verkohlungen an der Eintrittsstelle des Stromes. Aber auch die Austrittsstelle ist sehr schwer betroffen. Der Patient verliert an der linken Hand fast sämtliche Finger bis auf den Zeige- und kleinen Finger. Der linke Fuß mußte abgesetzt werden, da man hier die endgültige Abstoßung wegen der drohenden Toxinresorption nicht abwarten konnte. Die sonst beobachtete Bewußtlosigkeit oder Amnesie ist in diesem Falle nicht vorhanden gewesen.

Unter den geschilderten 20 Verunglückten waren Altersklassen zwischen 13 und 55 Jahren vertreten. Der Durchschnitt liegt bei 31 Jahren. Alle 20 Fälle verunglückten durch Starkstrom, wenn auch in 4 Fällen die Berührung eine indirekte war (Bretter, Eisenrohre). Viermal waren die Verbrennungen vermischt mit solchen elektrischer und thermischer Art. Vier Todesfälle konnten beobachtet werden, bei denen zwei durch primären Herztod, die übrigen zwei an Kreislaufinsuffizienz oder einer Bronchopneumonie starben. Einer der Gestorbenen war von Status thymolymphaticus. Weiterhin konnte elfmal Bewußtlosigkeit von minuten- bis stundenlanger Dauer (6 Stunden) festgestellt werden, vergesellschaftet mit Amnesie (fünfmal) oder retrograder Amnesie (einmal). In einigen der Fälle war die Bewußtlosigkeit kompliziert durch Sturz von Höhe. In einem Falle wird eine Sensibilitätsstörung durch Ausfall der Hautnerven des Medianus infolge von tiefgreifender Nekrose beschrieben. Die Ein- und Austrittsstellen lagen sehr verschieden und durchaus nicht in einer gesetzmäßigen Abhängigkeit. Am häufigsten ging der Stromfluß von den Armen zu den Füssen.

In den von mir histologisch untersuchten Arterien (A. tibialis posterior, A. tib. anterior, Aa. plantaris et dosalis pedis) des linken Fußes von Fall 20 konnte keine elektrische Schädigung festgestellt werden. Es waren allerdings an den meisten Gefäßen tiefgehende Nekrosen wie auch frische und bereits weitgehend organisierte Thrombosen festzustellen, aber man kann wohl kaum diese Veränderungen als spezifische auffassen, da sie wohl infolge der Allgemeinnekrose des verletzten Beines entstanden sind und damit sekundärer Natur sind.

Bei diesem Fall trat auch $2^1/_2$ Wochen nach der gesetzten Verletzung eine reichliche Blutung aus der Hand auf, daß selbst eine Transfusion gemacht wurde, um den Verlust decken zu können. Somit konnte nur einmal unter den 20 Fällen eine Blutung als Zeichen einer Spätnekrose beobachtet werden.

Alle diese Fälle zeigen aber die im medizinischen Teil von den Autoren angeführten Erscheinungen nach einer Starkstromverletzung, sodaß keiner eine Besonderheit darstellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei elektrischen Unfällen einmal die Gefahr nicht von der Spannung, die zwischen den berührenden Teilen herrscht, abhängig ist, sondern von der Stromstärke, die durch den Körper fließt, ferner von der Stromrichtung und von der Dauer der Stromeinwirkung. Außerdem beeinflußt der Widerstand des menschlichen Körpers die Gefahr des elektrischen Insultes in sehr hohem Maße. Die Versuche haben ergeben, daß der Widerstand ein sehr mannigfacher sein kann. Er setzt sich aus der Verschiedenheit der Bedingungen außerhalb und innerhalb des Körpers zusammen und ergibt so Werte von 250 bis 80 000 Ohm.

Die Gefährlichkeit des Stromes wächst nicht mit der Stromstärke, denn erfahrungsgemäß entstehen die meisten Todesfälle bei Niederspannung, während bei Hochspannungseinwirkung schwerste Verbrennungen das Krankheitsbild beherrschen. Es hat den Anschein, als ob das Maximum des Reizes etwa bei 4 Ampère erreicht ist und höhere Stromstärken nur noch eine entsprechend höhere Wärme im Körper erzeugen. Die Stromspannung ist abhängig vom Widerstand, wenn die Stromstärke die gleiche bleibt. So wird an Orten hohen Widerstandes eine entsprechend große Wärme erzeugt. Somit können Gewebszerstörungen manchmal viel ausgedehntere sein, als anfänglich aus den sichtbaren Verletzungen vermutet werden kann. Ist die Stromstärke an sich groß genug, um schädliche Wärmewirkungen auszuüben, so werden sich diese besonders in nächster Umgebung der kleineren berührenden Körperflächen bemerkbar machen. Die Temperatur nimmt von außen nach innen zu ab. Hatte sie außen noch Glühtemperatur, so geht sie über Siede- und Koagulationstemperatur zur unschädlichen über. Daraus lassen sich auch die Spätnekrosen und Nachblutungen erklären.

Die Verletzungen, die der Mensch durch Elektrizität erleiden kann, zeigen an der Oberfläche wie im Innern die verschiedensten Erscheinungen. So Schädigungen, die der Strom bei seinem Ein- und Durchtritt durch den Körper bewirkt. Veränderungen infolge der durch den Strom entstandenen Wärmewirkung. Verbrennungen, die der elektrische Lichtbogen, der Wärmegrade von 2000—3000 ^{0} aufweist, verursacht.

An der Oberfläche beobachtet man die elektrischen Strommarken, elektrische Blitzfiguren, elektrotraumatische Verletzungen, elektrolytische Verletzungen, die elektrische Metallisation, die elektrischen Verbrennungen und ihre Mischformen. Außer den oberflächlichen Erscheinungen wurden noch Veränderungen an den Muskeln beschrieben, die in einer abnormen Querbänderung oder schraubengangähnlichen Spiralung auftraten. An den Knochen konnte man Sprünge, Risse, zickzackähnliche Durchtrennungen, Frakturen infolge von Muskelkontraktionen, und bei sehr hohen

Wärmegraden eine Ausschmelzung von phosphorsaurem Kalk in Form von Knochenperlen sehen.

Verletzungen des Auges (Kataraktha) und des Ohres (Oktavusschädigungen) werden in einigen seltenen Fällen genannt.

Im Tierexperiment wie auch im histologischen Präparat konnten die verschiedensten Veränderungen an Gefäßen beobachtet werden. Man sah die Gefäße unter der Einwirkung des elektrischen Stromes sich verengen oder erweitern, was für eine Beeinflussung der Gefäßinnervation gedeutet werden könnte. Anderseits traten aber auch Veränderungen am Gefäß selbst auf, die sich besonders als Stückelung der Intima, Verengerung der Media mit Thrombosierung zeigten. Oft wird auf eine Nekrose der Gefäße hingedeutet, wie auf eine erhöhte Sprödigkeit und Zerreißlichkeit. Daß es an den Gefäßen zu weitgehenden Veränderungen kommen muß, läßt sich daraus erklären, daß in ihnen die Hauptmasse des Stromes fließt — es fällt hier der Widerstand der Zellmembranen weg — und sie selbst wieder Stellen besonders hohen Widerstandes (Ellenbeugengelenk, Kniegelenk usw.) durchlaufen müssen. Daraus läßt sich schon, wie erwähnt, eine Nachblutung an fern gelegenen Stellen erklären. An dem von mir histologisch untersuchten amputierten Bein des Starkstromverletzten (Fall 20) konnten keine spezifischen Gefäßveränderungen festgestellt werden, da die Extremität und damit auch die Gefäße der Allgemeinnekrose anheimgefallen war.

Das oft bei Sektionen festgestellte Hirnödem wird als Ursache der meist bestehenden Bewußtlosigkeit vergesellschaftet mit Amnesie angesehen, selbst als Ursache des Todes durch Lähmung des Zentralnervensystems, weshalb auch die Lumbalpunktion bei cerebralen Zeichen dringend empfohlen wird.

Die manchmal auftretenden Nierenschädigungen sind wohl meist als Ursache der Toxinresorption des nekrotischen Gewebes anzusehen, wie sie auch bei gewöhnlichen Verbrennungen beobachtet werden.

Bei der Erklärung der Todesursache stehen sich zwei Meinungen entgegen. Die einen glauben, daß der Stromtod durch Herzkammerflimmern zustande käme, die andern nehmen eine Lähmung des Zentralnervensystems an. Die Ersteren begründen ihre Annahme damit, daß Herzkammerflimmern im Tierexperiment hervorgerufen werden kann, selbst an elektrisch Hingerichteten beobachtet wurde. Weiterhin liegt der Stromeintritt in den meisten Fällen an der linken Hand, wodurch das Herz von einer großen Menge Stromes durchflossen wird. Dem entgegen begründen die Anderen den Tod durch Lähmung des Zentralnervensystems aus Beobachtungen, daß nämlich die Atmung vor der Herztätigkeit zu erlöschen scheint und Herzkammerflimmern im Tierexperiment (Affe) reversibel sei. Sie fordern, jeden Stromtoten als Scheintoten anzusehen und somit die künstliche Atmung solange fortzusetzen, bis nicht sichere Todeszeichen auftreten. Panse sieht als Todesursache einen übergeordneten Absterbevorgang, nämlich das Versagen des peripheren und zentralen Kreislaufes. Damit ist aber nun anzunehmen, daß die beiden genannten Auffassungen je nach den Umständen die Todesursache sein können. An zwei in der Klinik beobachteten Fällen kann wohl ein primärer Herztod angenommen werden. Besonders gefährdet scheinen Menschen vom Status thymolymphaticus, zu denen auch der Fall 18 gehört, wie stark schwitzende Personen, solche mit abgeschwächter Aufmerksamkeit, herabgesetzter psychischer Reaktion und Astheniker zu sein.

Lebenslauf.

Am 3. Februar 1912 wurde ich als erster Sohn des Molkereiverwalters Michael Eiselt und seiner Ehefrau Marianne geb. Simank in Lehndorf, Amtshauptmannschaft Kamenz i. Sa., geboren. Nach Besuch der heimatlichen Volksschule ging ich Ostern 1923 an das Gymnasium in Bautzen i. Sa. Ab Ostern 1929 besuchte ich die deutsche Oberschule ebendort, an der ich Ostern 1933 das Reifezeugnis erhielt. Mein medizinisches Studium begann ich im Sommer 1933 in Würzburg und ging nach drei Semestern nach München. Hier legte ich im März 1936 die ärztliche Vorprüfung ab und setzte mein Studium in München und Hamburg fort. Im Sommer 1939 bestand ich an der Universität München das Medizinische Staatsexamen.

Literatur.

Aschoff, L.: Pathologische Anatomie. Allgemeiner Teil. Gustav Fischer, Jena.

Bumke, O. u. O. Foerster: Handbuch der Neurologie. Spezieller Teil. Julius Springer, Berlin 1936.

Freiberger, H.: Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleich- und Wechelstrom. Julius Springer, Berlin 1934.

Huber, P.: Die Bedeutung des Zirkulationssystems für den Verlauf von Starkstromunfällen. Mittlg. a. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chir. **44**, 234 (1935/37).

Jaeger, H.: Über Starkstromverletzungen. Schweiter Med. Wochenschrift. 1921, 27.
Zur Kasuistik des Selbstmordes durch elektrischen Strom. Dtsch. Ztschr. für Chir. **159**, 33 (1920).

Jakobsohn, S.: Zur Frage des Elektrotrauma. Zentralorgan f. d. ges. Chir. und ihre Grenzgeb. 58 (1932).

Jellinek, St.: Der elektrische Unfall. Fr. Deutike, Leipzig-Wien 1925.
Elektrische Verletzung. Klinik und Histopathologie. J. Ambrosius Barch., Leipzig 1932.
Gefahren der Elektrizität. R. Kiesel, Salzburg 1932.

Kaplan: Der Elektrotraumatismus und seine Bekämpfung. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 58 (1932).
Fehler, Gefahren und unvorhergesehene Komplikationen bei Behandlung von Verletzung durch elektrischen Strom. Zentralorgan f. d. ges. Chir. und ihre Grenzgeb. 59 (1932).

Kawamura, J.: Elektropathologische Histologie. Virchows Arch. **231**, 610 (1921).

Klestadt, W.: Über klinisch wichtige Gesichtspunkte bei Fern- bezw. Spätschädigungen des N. 8 durch Starkstrom. Zentralorgan f. d. ges. Chir. und ihre Grenzgeb. 60 (1933).

Knjazew, E.: Elektrizitätsverletzungen auf der Traktorenfabrik in Celjabinsk. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 60 (1933).

Koeppen, S.: Elektrizitätsschäden im Tierexperiment mit bes. Berücksichtigung des elektrischen Todes. Virchows Arch. **290**, 460 (1933).

Kraepelin, E. u. J. Lange: Psychiatrie. Bd. I. J. Ambrosius, Leipzig 1927.

Krüger, A.: Die Einwirkung der Elektrizität auf den Organismus. V. D. J. Bd. 82. Berlin, 19. März 1938.

Lexer, E.: Lehrbuch der allgemeinen Chirurgie. F. Enke, Stuttgart. Bd. II. 1931.

Martin: Über elektrische Verbrennungen. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 55 (1931).

Mészáros, K.: Pathologie der Verletzungen durch den elektrischen Strom. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 64 (1933).

Milizyn u. Sudakovič: Zur Kasuistik der Elektrotraumen. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 58 (1932).

Neureiter, F.: Ein weiterer Beitrag zur Frage nach der Disposition beim plötzlichen Tod nach elektrischem Trauma. Zentralorgan f. d. ges. Chir. und ihre Grenzgeb. 61 (1933).

Noskresenskij, N.: Ein Fall von Verletzung durch Hochspannungsstrom. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 65 (1934).
Panse, Fr.: Die Schädigungen des Nervensystems durch technische Elektrizität. (Abhandl. aus d. Neurolog., Psychiatrie, Psychologie und ihrer Grenzgeb.) S. Karger, Berlin 1930.
Pietrusky, F.: Der elektrische Unfall im landw. Betrieb. Dtsch. Ztschr. f. d. ges. gerichtl. Med. **16**, H. 411, 289 (1931).
Der elektrische Unfall im Bergbau. Dtsch. Ztschr. f. d. ges. gerichtl. Med. **19**, 313 (1932).
Zur Frage von Verletzungen an den Extremitäten als Folge des elektrischen Unfalles. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 77 (1936).
Poenaru u. Caplescu: Der elektrische Unfall. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 80 (1937).
Schmidt, M. B.: Über Starkstromverletzung. Verh. dtsch. path. Ges. 1910. S. 218.
Schrader, G.: Experimentelle Untersuchungen zur Histopathologie elektrischer Hautschädigungen durch niedergespannten Gleich- und Wechselstrom. (Veröffentlichungen aus der Gewerbe- und Konstitutionspathologie.) Gustav Fischer, Jena 1932.
Schridde, H. u. K. Alvensleben: Die elektrische Verletzung. Unfallheilkunde. Bd. I. König—Magnus.
Sirolli, M.: Die Pathologie des Todes durch elektrischen Strom. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 62 (1933).
Straßmann, G.: Die Hautveränderungen durch den elektrischen Strom. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 62 (1933).
Syrenskij, N. u. V. Solomin: Die durch Elektrizität verursachten Unglücksfälle bei Schwach- und Starkstrommonteuren. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 58 (1932).
Wegelin, H.: Die pathologische Anatomie des elektrischen Unfalles. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 76 (1936).
Zadeck u. Lichtenstein: Lungenblutungen nach elektrischem Unfall. Zentralorg. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 56 (1931).

Herrn Oberarzt Dr. med. habil. Felix Jaeger möchte ich auch an dieser Stelle für die Überlassung des Themas, für seine wertvollen Ratschläge bei Ausführung der Arbeit und die liebenswürdige Übernahme des Referates meinen ergebensten Dank aussprechen.